**ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ**

**ФАКУЛЬТЕТ ЭТ**

**ДЕПАРТАМЕНТ ФИЗИКА**

**ГЕОРГИИ КОМАН**

**ВАСИЛЕ РУСУ**

**ИОНЕЛ САНДУЛЯК**

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО МЕХАНИКЕ**

**выполненные в *MATLAB***

**Chișinău**

**U.T.M.**

**2020**

***В данной разработке приведены тексты задании для лабораторных работ по дисциплине МЕХАНИКА с применением пакета программ МАTLAB. Они предназначены студентам первого курса факультета Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники. Выполняя эти работы студенты должны глубже усвоить теоретический материал по механике, приобрести навыки решения практических задач и одновремённо ознакомится с возможностями программы MATLAB.***

***Задания лабораторных работ представлены в 30 вариантов. Студент получает от преподавателя номер своего варианта для всех работ. После выполнения каждой работы студент оформляет отчёт (документ Word, формат А4 ), к которому предъявляются следующие требования:***

* ***Он должен иметь титульный лист. Образец прилагается в приложение. Титульный лист должен иметь рамку с полями (по 5 мм сверху, справа , снизу и 20мм слева).***
* ***В начале отчёта нужно привести полный текст задания с данными и чертежами согласно варианту.***
* ***Выполнение задания в MATLAB по пунктам с чёткими разграничениями между ними. Все команды и результаты копируются в отчёт.***
* ***В отчёт нужно привести краткие выводы***

***Авторы: конф. унив.,доктор Георге Коман; Василе Русу; Ионел Сандуляк***

***Ответственный редактор: конф. унив.,доктор Василе Русу***

***Рецензент: конф. унив.,доктор Михаил Цопа***

**Лабораторная работа N1. Элементы системы MATLAB**

**Задание работы N 1**

**I Опишите основные команды программы MATLAB в режиме командной строки.**

**II. Вычислить заданные выражения при *x= -1,75·10* и *y = 3,1·.* Представить результаты в разных форматах. Изучить информацию о переменных рабочего пространства используя команду whos.**

1. **В одной строке.**
2. **Вводя промежуточные переменные.**

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Выражения |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 | ; |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |
| 17 |  |
| 18 |  |
| 19 |  |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 | *F* = ;  ; |
| 25 | ;  ; |
| 26 | ;  ; |
| 27 | ;  ; |
| 28 | *F* =  ; |
| 29 | ;  ; |
| 30 | ;  ; |

**III.Вычислить значения функции на заданном интервале [*a;b*] в N точках (включая границы).**

1. **Точки равноудалённые (эквидистантны).**
2. **Точки произвольные (оформить их как вектор-строка).**
3. **Точки произвольные (оформить их как вектор-столбец).**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Функция | [***a ; b***] | N |
| 1 |  |  | N=8 |
| 2 |  |  | N=6 |
| 3 |  |  | N=9 |
| 4 |  |  | N=8 |
| 5 |  |  | N=7 |
| 6 |  |  | N=8 |
| 7 |  |  | N=7 |
| 8 |  |  | N=5 |
| 9 |  |  | N=7 |
| 10 |  |  | N=8 |
| 11 |  |  | N=6 |
| 12 |  |  | N=7 |
| 13 |  |  | N=6 |
| 14 |  |  | N=8 |
| 15 |  |  | N=7 |
| 16 |  |  | N=6 |
| 17 |  |  | N=7 |
| 18 |  |  | N=8 |
| 19 |  |  | N=7 |
| 20 |  |  | N=6 |
| 21 |  |  | N=8 |
| 22 |  |  | N=7 |
| 23 |  |  | N=8 |
| 24 |  |  | N=10 |
| 25 |  |  | N=8 |
| 26 |  |  | N=9 |
| 27 |  |  | N=7 |
| 28 |  |  | N=9 |
| 29 |  |  | N=11 |
| 30 |  |  | N=7 |

**Справочный материал для выполнения лабораторной работы №1**

1. **При открытии программы *MATLAB* появляется окно *Command Window*. Команды набираются в строке после чего нажимается *enter* и на экран появляется результат выполнения команды. Этот режим работы называется режимом командной строки.**
2. **Если в конце строки ставить ; (точка запятая) , то результат выполнения команды не выводится на экран.**
3. **Если в начале строки ставить %(знак процент) , то дальше в этой строке следует комментарий.**
4. **Если в начале строки набрать команду *clc* и нажать *enter* , то происходит очищение экрана.**
5. **Если не указана переменная которой присваивается результат некоторых вычислений, то он присваивается встроенной переменной *ans.***
6. **Если набрать команду *whos* и нажать *enter,* тона экранпоявляется список всех переменных рабочего пространства (*Workspace*).**
7. **Команда *clear* очищает все ячейки памяти всех переменных*;* команда *clear x –* только переменной *х;* команда *clear a, b, c* –переменных *a, b, c.***
8. **В *MATLAB* все функции пишутся малыми буквами а аргументы заключаются в круглых скобках. В сложных выражениях используются только круглые скобки. Ниже приведены наиболее часто встречаемые функции:**

|  |  |
| --- | --- |
| **В математике** | ***MATLAB*** |
| ***sinx, cosx, tgx, ctgx*** | ***sin(x),cos(x), tan(x),cot(x)*** |
| ***arcsinx,arccosx,arctgx,arcctgx*** | ***asin(x),acos(x),atan(x),acot(x)*** |
| ***shx,chx,thx cthx*** | ***sinh(x),cosh(x),tanh(x),coth(x)*** |
| ***ex,lnx,logx*** | ***exp(x),log(x),log10(x)*** |
|  | ***sqrt(x),abs(x),a^(x), x^(1/3)*** |
|  | ***pi*** |
|  | ***i или j, Inf*** |

1. **Полный список элементарных функции можно получить набирая в командную строку *help elfun.* Для получения полной информации о синтаксисе некоторой функции следует набирать в командную строку *help* и нажать *enter.***
2. **Команда *x=[a:h:b]* генерирует векторстроку с равноудалёнными элементами от *а* до *b* с шагом *,* где *n* количество точек на участке [*a;b*].**
3. **Команда *x=[a b c d …e]* вводит вектор строку с элементами *a ,b ,c ,d, …,e.***
4. **Команда *x=[a;b;c;d;…;e]* вводит вектор столбец с элементами *a ,b ,c ,d, …,e.***
5. **Команда *x=[a b;c d]* вводит матрицу .**
6. **В *MATLAB*  можно выполнять матричные вычисления по правилам математики.**
7. **В *MATLAB*  можно выполнять поэлементные вычисления с элементами матриц (векторов). Для этого необходимо писать операции умножения(.\*), деления(./) и возведения в степень(.^) с точкой спереди.**
8. **Для вывода данных в той или иной форме используются форматы: *format short; format long; format short e; format long e; format short g; format bank; format rat;* и другие, например ( *format short; x ),* выводит переменную *x* с четырмя цифрами после запятой.**

***Лабораторная работа N2. Графика в системе MATLAB***

**Задание работы N 2**

**I Опишите основные команды программы MATLAB для построения графиков .**

**II.Построить графики двух функции одной переменной на заданном участке [*a;b*]. Вставить информационные записи. Использовать различные цвета, типы линии и маркеры. Представить графики следующими способами:**

1. **В разных окнах;**
2. **В одном окне - оси общие;**
3. **В одном окне - оси разные ( использовать subplot) (4 , указанные ниже , расположения);**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *f(x)*  *g(x)*  *f(x)* и *g(x)* | L02_v26_p2_f5 | Оба на правые оси | L02_v26_p2_f6 |
|  |
| Оба на правые  оси |  | Оба на верхние оси |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Функция f(x) | Функция g(x) | [***a;b***] |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 16 |  |  |  |
| 17 |  |  |  |
| 18 |  |  |  |
| 19 |  |  |  |
| 20 |  |  |  |
| 21 |  |  |  |
| 22 |  |  |  |
| 23 |  |  |  |
| 24 |  |  |  |
| 25 |  |  |  |
| 26 |  |  |  |
| 27 |  |  |  |
| 28 |  |  |  |
| 29 |  |  |  |
| 30 |  |  |  |

**III.Построить графики функции *z = z(x,y)* двух переменных на заданном прямоугольном участке различными способами –mesh , surf, meshc, surfc, contour, contourf, contour3. Оформить графики поясняющими записями.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Функция | Сегмент ***x*** | Сегмент ***y*** |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 16 |  |  |  |
| 17 |  |  |  |
| 18 |  |  |  |
| 19 |  |  |  |
| 20 |  |  |  |
| 21 |  |  |  |
| 22 |  |  |  |
| 23 |  |  |  |
| 24 |  |  |  |
| 25 |  |  |  |
| 26 |  |  |  |
| 27 |  |  |  |
| 28 |  |  |  |
| 29 |  |  |  |
| 30 |  |  |  |

**Справочный материал для выполнения лабораторной работы №2**

1. **Команда *figure(n)* открывает графическое окно с порядковым номером  *n*, где будет располагаться будущий график, который подлежит построению. Перед построения очередного графика нужно открывать новое графическое окно. Если этого не делать, то исчезнет предыдущий график.**
2. **Для построения графика функции *y=f(x)* необходимо задавать значения для аргумента *x.* Лучше всего это делать командой *x=[a:h:b],* где  *a* и *b* границы участка построения графика, а  *h*  шаг деления участка *[a;b].***
3. **Самая простая команда для построения графикa функции *y=f(x)*  имеет вид: *plot(x,y).* Эту команду можно дополнить опциями, которые заключаются между апострофами, например, p*lot(x,y,’rx-‘).* Здесь *r* означает красный цвет кривой графика, *x* точки на графике указываются крестиками, а знак – означает, что кривая графика вычерчивается непрерывной линией. Другие опции (цвета, маркеры, типы линии) можно найти в литературе.**
4. **На построенный график нужно нанести информационные записи следующими командами: *grid on –* включает сетку *; xlabel(‘запись’), ylabel(‘запись’)-*наносит записи на декартовые оси координат*; title(‘запись’)-*наносит поясняющую запись для названия построенного графика*; legend(‘запись’)-*наносит соответствующую математическую запись построенной функции.**
5. **Если надо построить графики двух функции *f=f(x)* и *g=g(x)* одного аргумента на общие оси, то можно использовать команду: *plot(x,f,’go-’,x,g,’bs-’).* Первый график (*f=f(x)*) будет начертан зелённой непрерывной линией с маркерами в виде кружочков. Второй график (*g=g(x)*) будет начертан синей непрерывной линией с маркерами в виде квадратов. Опции можно не указывать, будут использоваться опции по умолчанию.**
6. **Иногда требуется разместить в одном окне несколько графиков на отдельные оси . В этом случае графическое окно разбивается на подобласти, каждая из них со своими осями. Это осуществляется командой *subplot(n,m,k):* окно разбивается на *n·m* подобластей (они размещаются в виде *n* строк и *m* столбцов)*; k*-я подобласть активна(). Если нужно объединять две подобласти, например первую и вторую , то команду надо писать в виде *subplot(n,m,[1,2]).***
7. **Пусть требуется построить график функции двух переменных *z = f(x,y).*Как и в случае функции одной переменной нужно задавать значения для каждого аргумента(для *x* и *y* ) и открывать графическое окно.**
8. **Из значении для *x* и *y* необходимо формировать пары значении. Это достигается командой: *[x,y]=meshgrid[x,y].* После этого нужно ввести *z = f(x,y).***
9. **График поверхности *z = f(x,y)* строится командой *mesh(x,y,z)* или командой *surf(x,y,z).* В литературе можно найти команды для лучшей визуализации построенной поверхности.**

**Лабораторная работа N3. Расчет кинематических характеристик движения материальной точки**

**Задание работы N 3**

**I.Объявить заданную функцию file-функцией и построить eе график на заданном участке [*a;b*] при помощи plot ( c шагом 0,05) и fplot.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Функция | **[a;b]** |
| 1 | Image336 | Image337 |
| 2 | Image338 | Image339 |
| 3 | Image340 | Image337 |
| 4 |  | Image337 |
| 5 | Image342 | Image337 |
| 6 | Image343 | Image337 |
| 7 | Image344 | Image337 |
| 8 |  |  |
| 9 |  |  |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 17 |  |  |
| 18 |  |  |
| 19 |  |  |
| 20 |  |  |
| 21 |  |  |
| 22 |  |  |
| 23 |  |  |
| 24 |  |  |
| 25 |  |  |
| 26 |  |  |
| 27 |  |  |
| 28 |  |  |
| 29 |  |  |
| 30 |  |  |

**II. Точка движется в плоскости. Написать две file-функции. Первая имеет входной параметр-t (время), а выходные –координаты точки x и y . Вторая имеет входные параметры номер графического окна и шаг вычисления координат, а на выходе выводит траекторию движения точки с указанием на ней некоторого положения.**

1. **Построить график плоской траектории материальной точки при помощи команд comet и plot. Показать положение точки на траектории для случайно выбранного момента времени из заданного интервала .**
2. **Определить скорость, ускорение, касательное , нормальное ускорения и радиус кривизны траектории для выбранного момента времени.**
3. **Показать на графике траектории все вектора из предыдущего пункта, используя инструменты графического окна.**
4. **Построить таблицу со всеми результатами с размерностями.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Varianta |  |  |  |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |
| 15 |  |  |  |
| 16 |  |  |  |
| 17 |  |  |  |
| 18 |  |  |  |
| 19 |  |  |  |
| 20 |  |  |  |
| 21 |  |  |  |
| 22 |  |  |  |
| 23 |  |  |  |
| 24 |  |  |  |
| 25 |  |  |  |
| 26 |  |  |  |
| 27 |  |  |  |
| 28 |  |  |  |
| 29 |  |  |  |
| 30 |  |  |  |

**III. Точка движется в пространстве. Написать две file-функции. Первая имеет входной параметр-t (время), а выходные –координаты точки x,y и z . Вторая имеет входные параметры номер графического окна и шаг вычисления координат, а на выходе выводит траекторию движения точки с указанием на ней некоторого положения .**

1. **Построить график пространственной траектории материальной точки при помощи команд comet3 и plot3. Показать положение точки на траектории для случайно выбранного момента времени из заданного интервала .**
2. **Экспериментировать с различными значениями шага .**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вар | x(t); y(t); z(t) | t |
| 1 | *x(t)=t(t-2π); y(t)=sin(t); z(t)=2t* |  |
| 2 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image290.gifhttp://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image292.gif |  |
| 3 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image290.gif http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image291.gif |  |
| 4 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image286.gifhttp://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image287.gif |  |
| 5 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image290.gif http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image292.gif |  |
| 6 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image288.gif http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image289.gif |  |
| 7 | http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image282.gif http://amd.stu.neva.ru/anufriev/MLab/metpos/Image294.gif |  |
| 8 | , , |  |
| 9 |  |  |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 17 |  |  |
| 18 |  |  |
| 19 |  |  |
| 20 |  |  |
| 21 |  |  |
| 22 |  |  |
| 23 |  |  |
| 24 |  |  |
| 25 |  |  |
| 26 |  |  |
| 27 |  |  |
| 28 |  |  |
| 29 |  |  |
| 30 |  |  |

**Справочный материал для выполнения лабораторной работы №3**

1. **Если некоторые фрагменты программ используются часто, то целесообразно оформить их в виде *file-*функции, которая составляется во внутреннем редакторе (*editor*) *MATLAB*. Для открытия его окна необходимо активизировать меню: *“File->New->M-file”.***
2. ***File-*функция начинается ключевым словом *function,* далее ей нужно придавать имя*,* и в скобках указывать входные параметры. Можно привести и выходные параметры.**
3. **Пример1.**

***function y=myfun(x);***

***y=exp(-x).\*(sin(x)+0.1\*sin(100\*pi\*x));***

**Функция, имя которой *myfun,* имеет входной параметр *x* и выходной параметр *y.* Из командной строки посылается численное значение для входного параметра *x* и на выходе она выдаёт обратно численное значение для *y.***

1. **Пример2.**

***Имя – xy; Входной параметр- время t; Выходные параметры- пара чисел x и y.***

***function [x,y]=xy(t)***

***x=sin(t);***

***y=cos(t);***

1. **Пример3.**

***Имя –figpas; Два входных параметрa:номер фигуры(fig) и шаг вычислений(pas).***

***На выходе file-функция даёт график y=f(x) т.е. траекторию и рисует на траектории конкретное положение в виде кружочка красного цвета.***

***rand-генератор случайных чисел на[0;1].***

***function figpas(fig,pas)***

***tmax=4\*pi;***

***t=0:pas:tmax;***

***[x,y]=xy(t);***

***figure(fig)***

***comet(x,y);plot(x,y)***

***hold on***

***t=tmax\*rand***

***[x,y]=xy(t);***

***plot(x,y,'ro-')***

***title(['t = ',num2str(t)])***

1. **Пусть требуется построить на [0;1] график функции *myfun*, которая  оформлена в виде *file-*функции. Это можно делать двумя командами:**

***>> figure >>fplot('myfun',[0,1])***

***>> figure***

***>> x=[0:0.01:1];***

***>> y=myfun(x);***

***>> plot(x,y)***

**Команда *fplot* не требует шаг деления интервала [0;1], она сама подбирает подходящий шаг с учётом специфики функции.**

1. **Если необходимо вычислять кинематические характеристики движения материальной точки, то нужно использовать формулы кинематики точки:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Кинематика материальной точки** | | |
| **Способ задания движения** | **- скорость** | **- ускорение** |
| **Векторный способ,**  ***=******(t)*** |  |  |
| **Координатный способ: x = x(t)**  **y = y(t)**  **z = z(t)** | ***vx =***  ***v y =*** ***;***  ***vz =***  ***v=*** | ***ax=***  ***ay =***  ***az=***  ***a=*** |
| **Естественный способ**  **σ =σ(t)** |  | ***=*** ***n +*** ***τ ,***  ***an =v2/ρ***  **a =** |

1. **Производные можно вычислять вручную или при помощи приложения символьной математики, например:**

***Скорость направляется по касательной к траектории в сторону движения. Ускорение состоит из двух компонент: нормального и касательного (тангенциального) ускорения.***

***>> syms t***

***>>x=sin(t);***

***>> vx=diff(x)***

***vx = cos(t)***

1. **Главные обозначения :** **n –нормальное ускорение;** **τ –касательное (тангенциальное) ускорение ;**  **- полное ускорение;**  **радиус кривизны траекторий.**

**Лабораторная работа N4. Сложение гармонических колебаний материальной точки.**

**Задание работы N 4**

**I.Привести краткое описание кинематических характеристик взаимно-перпендикулярных и одинаково направленных гармонических колебаний материальной точки.**

**II.Вам предстоит выбрать два одинаково направленных гармонических колебания (x1 и x2) с циклическими частотами ω1 и ω2 , с начальными фазами α1 и α2 и с амплитудами А1 и А2 . Необходимо сложить эти колебания (х = x1 + x2  , - результирующее колебание), строя соответствующие графики с информационными надписями, для следующих случаев:**

1. **Некогерентные гармонические колебания (ω1 ≠ ω2). Написать file-функцию времени, которая строила бы в одном окне на общие оси графики x1(t) , x2(t) и х(t). Проанализировать результаты.**
2. **Когерентные гармонические колебания (ω1 =ω2). Написать file-функцию времени, которая строила бы в одном окне на общие оси графики x1(t) , x2(t) и х(t). Проанализировать результаты.**
3. **Некогерентные гармонические колебания (ω1**  **ω2 , -колебание типа биение). Написать file-функцию времени, которая строила бы график функции х(t). Определить кинематические характеристики колебания типа биение.**
4. **Когерентные гармонические колебания (ω1 = ω2). Написать file-функцию с входными параметрами номер фигуры и разность фаз α =α1 - α2 , которая строила бы в одном окне графики функции x1(t) , x2(t) и х(t) для на отдельные оси (графическое окно разбивается на 9 подобластей с соответствующими системами координат для каждого значения параметра α).**

**III. Материальная точка участвует в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебания (xи y) с циклическими частотами ω1 и ω2 , с начальными фазами α1 и α2 и с амплитудами А1 и А2 . Вам предстоит выбрать их.**

1. **ω1 =ω2 . Написать file-функцию с входными параметрами (порядковый номер осей и разность фаз α =α1 - α2 ). Построить в одном окне на разных осях траектории движении (фигуры Лисажу) для**

****** .

1. **ω1 ≠ ω2; ; *n1 , n2* = 1 , 2 ,3 , …. ; α1 = α2 = α -****;**

**Написать file-функцию с входными параметрами порядковый номер осей и параметр α . Построить в одном окне на разных осях траектории движения (фигуры Лисажу) для**

***α=0; .***

**Справочный материал для выполнения лабораторной работы №4**

1. **В этой работе проводятся численные эксперименты с гармоническими колебаниями. Математическое уравнение этих колебаний имеет вид:**

1. ***A*- амплитуда гармонических колебаний;  - циклическая частота (показывает число колебаний за *2π* секунд); - фаза гармонических колебаний; – начальная фаза. Сравнивать фазы двух колебаний можно, если они оба представлены одинаковыми функциями (синус или косинус).**
2. **Два колебания с равными частотами () называются когерентными. Результат сложения двух когерентных гармонических колебаний одного направления также является гармоническим колебанием.**
3. **Два колебания с разными частотами () называются некогерентными. Результат сложения двух некогерентных гармонических колебаний одного направления не является гармоническим колебанием.**
4. **Если сложить два гармонических колебания с близкими частотами () , то результирующее движение будет иметь характер механических биений. Рассмотрим один пример:**

***Command Window***

>>t=0:pi/20:100\*pi;

>> x=myfun1(t);

>> plot(t,x,'k-')

***File-функция:myfun1***

function **x=myfun1(t)**

**x1=20\*cos(2\*t);**

**x2=22\*cos(2.08\*t);**

**x=x1+x2;**



**Лабораторная работа N5. Расчет кинематических характеристик движения твердого тела**

**Задание работы N 5**

1. **Пластина D (прямоугольник, круг, или треугольник) вращается в плоскости чертежа вокруг оси О1 согласно закону φe = φ(t) , рaд. На пластине жестко закреплен шарик М. Положение шарика определяется отрезком (или дугой) ОМ. Необходимые данные и чертежи прилагаются.**
2. **Определить момент времени, в котором φe= φ1 .**
3. **Для найденного момента времени определить скорость и ускорение точки М.**
4. **Выполните чертеж и покажите на нем все векторы : (ω, ε, v , aос , aвр, a).**

***Примечание: Для выполнения подпункта (а) необходимо будет решать уравнение* φe= φ1. *Практически, это означает найти корни кубического полинома. Ниже приведён пример нахождения корней полинома четвёртой степени: ( x4--3x3+3x2-3x+2=0 ). Для начала необходимо сформировать вектор, элементы которого коэффициенты при переменной х по мере убывания степени. После этого использовать команду roots.***

***После нажатия enter получите 4 корня два вещественных и два мнимых.***

>> coef=[1,-3,3,-3,2];

>> r=roots(coef)

***При выполнении подпункта (b) нужно найти радиус траектории движения точки М. В некоторых случаев удобно будет использовать формулу определения расстояния между двумя точками с известными координатами:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Кинематика вращательного движения твёрдого тела*** | | |
| ***Кинематическая хара-ка*** | ***Векторная формула*** | ***Скалярная формула*** |
| ***Угловая скорость*** | ***=*** | ***ω =||*** |
| ***Угловое ускорение*** | ***=*** | ***ε =||*** |
| ***Скорость точки тела*** | ***=× ,*** |  |
| ***Осестремительное ускорение*** | ***=*** | ***=ω2.R*** |
| ***Вращательное ускорение*** |  | ***aвр =ε .R*** |
| ***Полное ускорение*** |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | φe = φ(t), рад | a,R(cm) | OM(см) | α˚ | φ1˚ |
| 1,16 | t3 +0,4t2 +t | 20 | R/4 | - | 275 |
| 2,17 | 2t3 -t2 +t | 25 | a/4 | - | 65 |
| 3,18 | t3 +1,5t2 +0,75t | 25 | πR/8 | - | 125 |
| 4,19 | t3 +0,5t2 +2t | 30 | a/4 | - | 235 |
| 5,20 | t3 +0,5t2 +t | 40 | a/4 | 60 | 75 |
| 6,21 | t3 +2t2 -0,5t | 25 | a/8 | - | 145 |
| 7,22 | t3 -4t2 +5t | 30 | πR/8 | - | 245 |
| 8,23 | 0,2t3 +t2 +t | 60 | a | 45 | 300 |
| 9,24 | t3 -0,5t2 +t | 20 | 10 | - | 80 |
| 10,25 | t3 +0,5t2 +t |  | 5 | - | 170 |
| 11,26 | t3 +3t2 +t | 40 | R/4 | - | 195 |
| 12,27 | t3 +t2 +6t | 60 | πR/8 | - | 225 |
| 13,28 | t3 -4t2 +2t | 25 | πR/4 | - | 95 |
| 14,29 | t3 -0,3t2 +2t | 30 | πR/3 | - | 155 |
| 15,30 | t3 +0,6t2 +t | 36 |  | 30 | 222 |
| 31,32 | t3 +2t2 -3t | 20 | 20 | 30 | 232 |

****



**II.Из однородной прямоугольной пластины *ABCD* cо cторонами *AB= CD*=*6 дм и BC=AD=12дм* вырезана указанная на чертеже часть. Пластина вращается в плоскости чертежа вокруг центра масссогласно закону *φe = φ(t)* , рaд. Необходимые данные и чертежи прилагаются.**

1. **Определить момент времени, в котором φe= 2π (рад) .**
2. **Определить положение центра масс пластины.**
3. **Для найденного момента времени определить скорость и ускорение одной из точек *A,B,C,D* (на выбор).**
4. **Выполните чертеж и покажите на нем все вектора: (ω, ε, v , aос , aвр, a).**

***Примечание: Для выполнения подпункта (а)* *необходимо будет решать уравнение* φe= φ1. *Это будет тригонометрическое уравнение. В качестве примера решим уравнение cos(x)-x=0. Мы* *будем искать* *корень этого уравнения в окрестности точки π/2*. *Функцию, нули которой ищем, оформляем в виде file- функции. Команда fzero требует эту file-функцию:***

>> ***x=fzero(‘myfunction’,pi/2);***

***x=0.7391***

***function y=myfunction(x)***

***y=cos(x)-x;***

***При выполнении подпункта (b) надо найти положение центра масс пластины с вырезанной частью. Разбиваем пластину на части с известными положениями центров масс и применяем формулы(s-площадь):***

***;***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | φe = φ(t), рад | Вариант | | φe = φ(t), рад  φ1˚ | |
| 1,11,21 | 20sin(πt) | 6,16,26 | | 10cos(2πt) | |
| 2,12,22 | 18sin(2πt) | 7,17,27 | | 8cos2(πt) | |
| 3,13,23 | 16sin2(πt) | 8,18,28 | | 7sin2(2πt) | |
| 4,14,24 | 14cos2(2πt) | 9,19,29 | | 7,2sin(3πt) | |
| 5,15,25 | 12cos(πt) | 10,20,30 | | 8,4cos(0,5πt) | |
| **1,11,21**  ***O***  ***C***  ***y***  ***x***  ***x***  ***x***  ***x*** | | | **2,12,22**  ***O***  ***C***  ***B***  ***B***  ***A***  ***A***  ***y*** | |
| **3,13,23**  ***O***  ***D***  ***D***  ***C***  ***y*** | | | **4,14,24**  ***O***  ***C***  ***C***  ***B***  ***B***  ***A***  ***A***  ***y***  ***x*** | |
| **5,15,25**  ***O***  ***D***  ***D***  ***D***  ***B***  ***B***  ***A***  ***A***  ***A***  ***y*** | | | **6,16,26**  ***D***  ***C***  ***y***  ***x*** | |
| **7,17,27**  ***O***  ***O***  ***D***  ***C***  ***B***  ***A***  ***A***  ***A***  ***y***  ***x*** | | | **8,18,28**  ***O***  ***D***  ***C***  ***B***  ***B***  ***y***  ***x*** | |
| **9,19,29**  ***O***  ***D***  ***C***  ***y***  ***x*** | | | **10,20,30**  ***O***  ***D***  ***C***  ***B***  ***y***  ***x*** | |

**III. Механизм состоит из стержня АВ и из двух поршней, которые связаны с стержнем посредством шарниров А и В. Поршни выполняют поступательные движения в плоскости чертежа вдоль соответствующих направляющих. Стержень AB совершает плоское движение тоже в плоскости чертежа. Известен закон движения поршня А (или В): s=s(t) . Численные данные и соответствующие чертежи прилагаются. t1 –расчетное время.**

1. **Определить скорости точек А, В и М координатным способом.**
2. **Построить траекторию движения точки М и положение точки на траектории в расчетный момент времени. Показать на траектории скорость точки М, используя инструменты графического окна.**
3. **Считая, что скорость точки А(или В) известна(смотри подпункт(а), определить, методом мгновенного центра скоростей (метод МЦС), скорости точек В(или А) и точки М для расчетного момента времени t1. Сравните с результатами подпункта(а).**
4. **Выполните чертеж и покажите на нем все вектора: (ω,vА , vВ , vМ ).**

***Примечание: Для выполнения этого пункта надо будет найти все элементы треугольника ОАВ. Удобно, для этого, использовать теорему синусов. Чертёж выполнять с учётом полученных результатов:***

α+β+ϕ=π

***А***

α

***S***

***S1***

β

φ

***В***

***О***

***Использовать символьную математику. Объявить параметр t(время) символом. Ввести по очереди все данные: AB, AM,BM, S, φ, β или α, α или β, S1, xM , yM. Продолжая оставаться в области символьной математики определяем аналитические выражения для скоростей, дифференцируя соответствующие функций по времени используя команду diff(имя): vA=diff(S) или vA=diff(S1); vB=diff(S1) или vB=diff(S); vMx=diff(xM), vMy=diff(yM), vM =;***

***Далее, вводим расчётное время t1 и вычисляем все скорости численно, используя полученные аналитические выражения.***

***При построении траектории (предварительно задавать область изменения времени ) используем полученные в области символьной математики аналитические выражения для xM и yM.***

***В подпункте (с) надо построить, зная истинные направления скоростей точек А и В, мгновенный центр скоростей(МЦС). Он находится на пересечении перпендикуляров к скоростям проведённых в точках А и В соответственно. Используя геометрию чертежа надо будет находить расстояния(AP,BP,MP) до МЦС(точка P) и провести расчёты по формулам:***

***Результаты сравнивать с результатами подпункта(а).***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Уравнение движения s=s(t), м | Расчётное время t1 , с |
| 1,11,21 | 60sin(2πt) | 1/12 |
| 2,12,22 | 40sin(πt) | 1/4 |
| 3,13,23 | 30cos(πt) | 1/3 |
| 4,14,24 | 40sin(3πt) | 1/9 |
| 5,15,25 | 80sin(2πt) | 1/6 |
| 6,16,26 | 45sin(πt) | 1/3 |
| 7,17,27 | 42cos(2πt) | 1/6 |
| 8,18,28 | 45sin(πt) | 1/6 |
| 9,19,29 | 20sin(3πt) | 1/18 |
| 10,20,30 | 100cos(2πt) | 1/8 |

****

**Лабораторная работа N6. Исследование динамики колебательного движения материальной точки.**

**Задание работы N 6**

1. **Вычислить числено определенные интегралы.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Интеграл | Интеграл |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |
| 6 |  |  |
| 7 |  |  |
| 8 |  |  |
| 9 |  |  |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 17 |  |  |
| 18 |  |  |
| 19 |  |  |
| 20 |  |  |
| 21 |  |  |
| 22 |  |  |
| 23 |  |  |
| 24 |  |  |
| 25 |  |  |
| 26 |  |  |
| 27 |  |  |
| 28 |  |  |
| 29 |  |  |
| 30 |  |  |

**Примечание: Примеры вычисления определённых интегралов:**

Пример 6.1.

Вычислить  с точностью 10-5. Набираем в командную строку:

|  |
| --- |
| >> quad(‘(exp(x)-1)’,0,1,1.e-5)  ans=  0.7183 |

Вычислить  c точностью 10-4. Выражение exp(x) – встроенная функция, поэтому можно написать:

|  |
| --- |
| >> q=quad(@exp,0,2,1.e-4)  q=  6.3891  >> q=quad(@sin,0,pi,1.e-3)  q=  2.0000 |

**Аналогично и для file-функции.**

**II. Вычислить числено двойной интеграл , используя соответствующую file-функцию.**

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Двойной интеграл |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |
| 17 |  |
| 18 |  |
| 19 |  |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
| 29 |  |
| 30 |  |

**Примечание:** **Пусть** **требуется вычислять двойной интеграл:**

.

**Объявляем подинтегральную функцию file- функцией integr1.m :**

|  |
| --- |
| *integr1.m* |
| function y=integr1(x,y);  y=2\*y.\*sin(x)+x./(2\*cos(y)); |

**Двойной интеграл вычисляется в командной строке:**

|  |
| --- |
| >> result=dblquad(@integr1,pi,2\*pi,0,2\*pi)  result=  -78.9574 |

**III. Вычислить числено тройной интеграл , используя соответствующую file-функцию.**

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Тройной интеграл |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8  8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |
| 17 |  |
| 18 |  |
| 19 |  |
| 20 |  |
| 21 |  |
| 22 |  |
| 23 |  |
| 24 |  |
| 25 |  |
| 26 |  |
| 27 |  |
| 28 |  |
| 29 |  |
| 30 |  |

**Примечание:** **Пусть требуется вычислять тройной интеграл:**

(xyz)2dxdydz 

**Подинтегральную функцию объявляем file-функцией integr2:**

function f=integr2(x,y,z);

f=(x.\*y.\*z).^2;

**Тройной интеграл вычисляется в командной строке двумя способами:**

>> rezult= triplequad(@integr2,1,4,2,5,3,6 )

rezult = 51597 ;

>> rezult=triplequad('(x.\*y.\*z).^2',1,4,2,5,3,6)

rezult = 51597 .

**IV. Написать и решить числено дифференциальное уравнение прямолинейного колебательного движения материальной точки. Параметры колебательной системы выбирать самостоятельно. Построить график зависимости параметра положения от времени (x=x(t)) и определить динамические характеристики колебательного движения (смотри приложения №3 и №4), для следующих случаев:**

1. **Свободные колебания без сопротивления.**
2. **Свободные колебания с сопротивлением.**
3. **Вынужденные колебания без сопротивления.**
4. **Вынужденные колебания с сопротивлением.**

**Лабораторная работа N7.Динамика материальной точки**

**Задание работы N 7**

**I. Материальная точка массой *m* перемещается в плоскости *xy* под действием двух сил *F1*и *F2*. В начальный момент времени точка находилась в начале координат, где ей сообщили начальную скорость *v0*под углом *450* к оси абсцисс (смотри приложение №4).**

1. **Построить на общие оси графики зависимостей *x=x(t)* и *y= y(t).***
2. **Построить, в отдельном окне на общие оси, графики зависимостей *vx(t), vy(t)* и *v(t).***
3. **Построить траекторию движения материальной точки. Показать на графике вектор скорости для начального момента времени и для произвольного момента.**

***Примечание: Для внесения вектора на график можно использовать команду hold on , после чего quiver(x,y,u,v). Команда quiver(x,y,u,v) строит вектор с началом в x,y и с компонентами u,v.***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вар.** | ***F***1  ***Н*** | ***F***2  ***Н*** | ***v0,*** ***м/с*** | ***m, kг*** |
| **1, 16** |  |  | 2 | 2 |
| **2, 17** |  |  | 3 | 0.5 |
| **3, 18** |  |  | 1 | 0.5 |
| **4, 19** |  |  | 1.7 | 3 |
| **5, 20** |  |  | 5 | 1.8 |
| **6, 21** |  |  | 4 | 2 |
| **7, 22** |  |  | 1 | 0.3 |
| **8, 23** |  |  | 5 | 3 |
| **9, 24** |  |  | 1.3 | 1 |
| **10, 25** |  |  | 1.5 | 2 |
| **11, 26** |  |  | 3.5 | 1.2 |
| **12, 27** |  |  | 5 | 2.3 |
| **13, 28** |  | 0 | 2 | 0.75 |
| **14, 29** |  |  | 3.4 | 3 |
| **15, 30** |  |  | 0.5 | 1.5 |

**II. Материальная точка массой *m =1,5 кг* совершает движение в пространстве под действием движущей силы Р. Одновременно , точка испытывает сопротивление среды, *R=-c·v* , направленное против скорости. Начальное положение задается радиусом вектором *r0* , а начальная скорость – вектором *v0*.**

1. **Построить на общие оси графики зависимостей *x=x(t) , y=y(t)* и *z= z(t).***
2. **Построить траекторию движения материальной точки. Показать на графике вектор скорости для начального момента времени .**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Вар.*** | ***P, ( Н)*** | ***c*** ,***kг/с*** | ***r***0, ( ***м)*** | ***v***0, ***м/с*** |
| **1, 16** |  | 0.1 |  |  |
| **2, 17** |  | 0.3 | 0 |  |
| **3, 18** |  | 0.2 | 0 |  |
| **4, 19** |  | 0.1 | 0 |  |
| **5, 20** |  | 0.3 |  |  |
| **6, 21** |  | 0.2 |  |  |
| **7, 22** |  | 0.2 |  | 0 |
| **8, 23** |  | 0.1 |  |  |
| **9, 24** |  | 0.2 | 0 |  |
| **10, 25** |  | 0.5 | 0 |  |
| **11, 26** |  | 0.2 | 0 |  |
| **12, 27** |  | 0.5 |  |  |
| **13, 28** |  | 0.4 |  |  |
| **14, 29** |  | 0.1 |  |  |
| **15, 30** |  | 0.3 |  |  |

|  |
| --- |
| *Приложение1.Образец титульного листа.* **Ministerul Educaţiei, Culturii şi Cercetării**  **al Republicii Moldova**  **Universitatea Tehnică a Moldovei**  **Departamentul Fizica**  **RAPORT**  despre lucrarea de laborator nr. 1  la Mecanică realizată în MATLAB  Tema: Elemente ale programului MATLAB  **Varianta 5**  A îndeplinit st.gr.TI-041 Sergiu Olaru  A controlat conf.univ., Sanduleac I.    Chişinău – 2020 |

***Приложение 2.* Список символов для оформления графиков**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Символ | | Символ | | Символ | |
| \alpha | alpha | \upsilon | upsilon | \sim | ~ |
| \beta | beta | \phi | phi | \leq | lt_equal |
| \gamma | gamma | \chi | chi | \infty | infinity |
| \delta | delta | \psi | psi | \clubsuit | club |
| \epsilon | epsilon | \omega | omega | \diamondsuit | diamond |
| \zeta | zeta | \Gamma | capital gamma | \heartsuit | heart |
| \eta | eta | \Delta | capital delta | \spadesuit | spade |
| \theta | theta | \Theta | capital theta | \leftrightarrow | arrwboth |
| \vartheta | theta1 | \Lambda | capital lambda | \leftarrow | arrwleft |
| \iota | iota | \Xi | capital xi | \uparrow | arrwup |
| \kappa | kappa | \Pi | capita pi | \rightarrow | arrwrite |
| \lambda | lambda | \Sigma | capital sigma | \downarrow | arrwdown |
| \mu | µ | \Upsilon | capupsil | \circ | º |
| \nu | nu | \Phi | capital phi | \pm | ± |
| \xi | xi | \Psi | capital psi | \geq | gtequal |
| \pi | pi | \Omega | capomega | \propto | proportn |
| \rho | rho | \forall | univrsal | \partial | partldif |
| \sigma | sigma | \exists | existntl | \bullet | • |
| \varsigma | sigma1 | \ni | suchthat | \div | ÷ |
| \tau | tau | \cong | congrunt | \neq | notequal |
| \equiv | equivlnt | \approx | approx | \aleph | aleph |

**Приложение 3.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Прямолинейные колебания материальной точки** | | | |
| **Дифференциальное уравнение** | | **Динамические характеристики** | |
| **a).Свободные колебания без сопротивления**    ***ω0*– циклическая частота (с-1)**  **Построить график: *x=x(t)***  ***x0* –начальное положение *v0* –начальная скорость** | | **Амплитуда: A=Начальная фаза: tg(ε)=**  **Период: T=Частота(Гц):** | |
| **Дифференциальное уравнение** | **Динамические характеристики** | | | |
| **b). Свободные колебания с сопротивлением**      ***h* – коэффициент, характеризующий сопротивление среды**  **Построить график: *x=x(t)***   * **h < ω0 – малое сопротивление** * **h = ω0 – критическое сопротивление** * **h > ω0 – большое сопротивление** | * **h < ω0 (малое сопротивление)**   **Циклическая частота:**  **ω=**  **Начальная фаза:**  **tg(ε) =**  **Период: T=**  **Частота: f=** | | | |
| **Дифференциальное уравнение** | | **Динамические**  **характеристики** | | | |
| **c).Вынужденные колебания без сопротивления**    **p – частота силы возмущения**  **H0 –максимальное значение силы делённое на массу точки**  **Построить график: *x=x(t)***   * **p ≠ ω0 - общий случай.** * **p ω0 – биение** * **p = ω0 – резонанс** | | ***A-амплитуда вынужденных колебании;***  **Построить график *A=A(p);***  **A=**  ***разность фаз между фазами силы и колебания***  **Построить график *(p);***  ***p*[*0 ; 3* ω0]** | | | |
| **d). Вынужденные колебания c сопротивлением**  **Построить график: *x=x(t)*** | | | **Построить график: *A=A(p);***  **A=**  **Построить график:** | | |

**Приложение 4. Численное интегрирование дифференциальных уравнении**

**А). Прямолинейное движение. Пусть необходимо числено интегрировать дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. В качестве примера решим дифференциальное уравнение:**

**или**

**с начальными условиями: xo= - 5cm и v0= 0. Алгоритм интегрирования дифференциального уравнения требует, чтобы представить уравнение второго порядка в виде системы двух дифференциальных уравнении первого порядка. Для этого вводим новые переменные: x1=x; x2= . В этих новых переменных исходное дифференциальное уравнение заменяется на:**

**Эти уравнения первого порядка объявляются file-функцей (имя-ofr1), которая имеет вид:**

function dxdt=ofr1(t,x);

h=2.5; w0=14; H0=1000; p=25;

dxdt=zeros(2,1); % a column vector

dxdt(1)=x(2);

dxdt(2)= -2\*h\*x(2)-w0^2\*x(1)+H0\*sin(p\*t);

**Иинтегрирование дифференциальных уравнении осуществляется командой *ode45* (есть и другие команды). В результате получаем: *x1=x=x(t)* *и x2= =v=v(t).* Эти зависимости можно представить в виде графиков. График зависимости *x1=x=x(t)* строится командой *plot(t,x(:,1)),* а график зависимости *x2= =v=v(t)* командой *plot(t,x(:,2)).* Ниже приведён первый график (*x1=x=x(t)*) за время *tmax=4c*.**

*>> tmax=4; x0= -5; v0=0;*

>> [t,x]=ode45(@ofr1,[0 tmax],[x0;v0]);

>>plot(t,x(:,1),'-');

>> grid on



**В). Движение в плоскости *xy*. Материальная точка массы *m* движется в плоскости *xy* под действием двух сил *1 и 2*  которые , в общем случае, зависят явно от времени (*t*) , от координат (*x , y*) и от скорости (vx= , vy=). Дифференциальные уравнения движения материальной точки имеют вид:**

**или или**

**или или**

# Покажем схематично, как можно интегрировать эти дифференциальные уравнения для начальных условии: *x0 , y0 , v0x , v0y.*

**File-функция: Fun.m**

procedura **plan.m**

**>> v0 = ; alpha = ;**

>>x0= ; y0= ;v0x = ;v0y = ; >>tmin=0; tmax=10; >>t=[tmin,tmax];

>>u0=[x0,y0,v0x,v0y];

% Procedura de integrare

>>[t,u]=ode45('fun',t,u0);

% Interpretarea rezultatelor

>>figure(1);

>>plot(t,u(:,1),t,u(:,2));

function dudt=fun(t,u)

m= ;

x=u(1);y=u(2);

xp=u(3);yp=u(4);

F1x= ; F2x = ;

F1y= ; F2y = ;

xpp=(F1x+F2x)/m;

ypp=(F1y+F2y)/m;

dudt=[xp;yp;xpp;ypp];

end

В результате вычерчивается в одном окне на общие оси два графика: x=x(t) и y=y(t) . Можно вычерчивать и другие графики.

# Bibliografie

1. I. Balmuș, A. Casian, V. Mihailov, Lucrări de laborator la mecanică realizate în MATLAB, UTM, Chișinău-2007.
2. В.Дьяконов, «MATLAB 6 : Учебный курс», СПб, Питер, 2001.
3. В.Дьяконов, В.Круглов, «Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник», СПб, Питер, 2001.
4. В.И.Конюшенко, «MATLAB – Язык технических вычислений. Вычисление. Визуализация. Программирование».
5. N.V. Butenin, I.A. Lunţ, D.R. Merkin, Curs de Mecanică Teoretică, Vol. 1, 2. Ed. Lumina, Chişinău-1993.
6. V. Caraganciu, M. Colpagiu, M. Ţopa, Mecanica Teoretică, Chişinău, Ştiinţa, 1994.
7. I.V. Meşcerski, Culegere de probleme la Mecanica Teoretică. Ed. Lumina, Chişinău-1993.
8. Andrew Knight, «Basics of matlab and Beyond», Chapman&Hall/CRC, 2000
9. Patrick Marchand, O.Thomas Holland, «Graphics and GUIs with MATLAB. Third edition», Chapman&Hall/CRC, 2003
10. The MathWorks – MATLAB Tutorial  
    <http://www.mathworks.com/academia/student_center/tutorials/launchpad.html>