

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФК КПІ

Кафедра прикладної математики

Лабораторна робота №8

«Математична модель руху штучного супутника Землі та її комп'ютерна
реалізація в пакеті SIMULINK»
з дисципліни «Математичне та комп'ютерне моделювання складних об'єктів»

Варіант № не вказано

Виконав:

студент групи ПМ-151 М
Юрашев В.Г.

Перевірив:

професор кафедри ПМ Жук П. Ф.

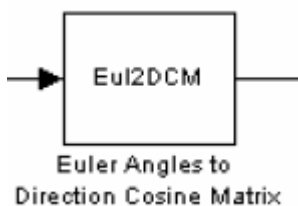
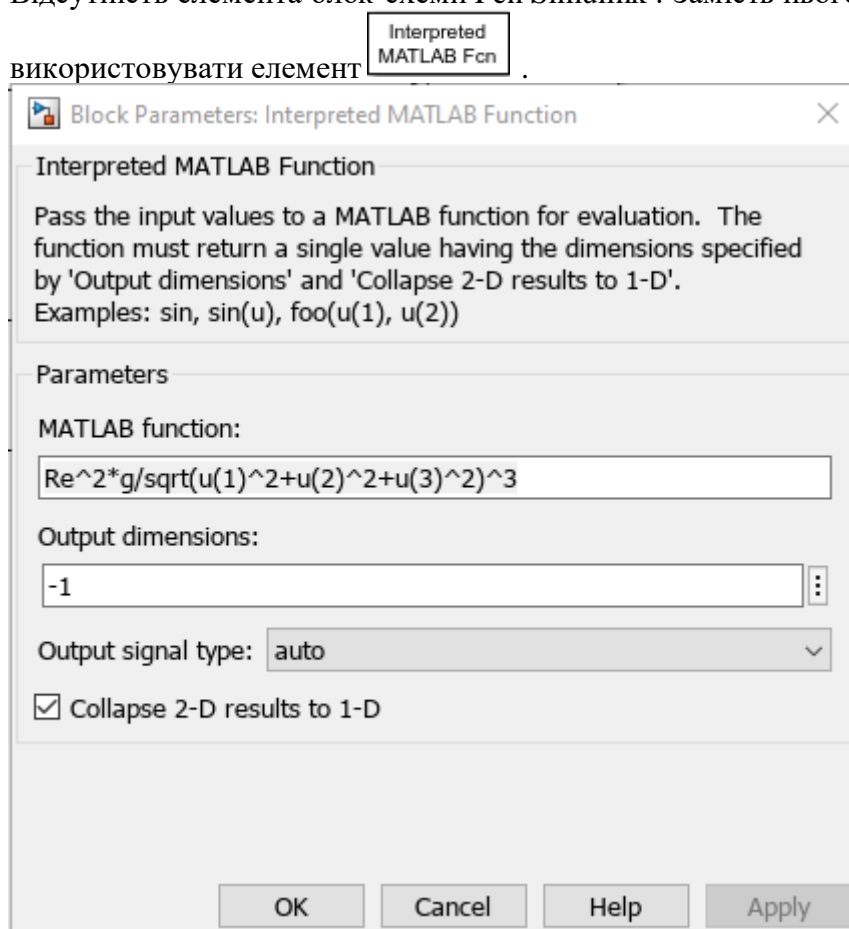
Київ 2022

Дана лабораторна робота виконувалася в версії MatLab R2022, яка дещо відрізняється від версії, яка використовувалась автором посібника «Моделювання динамічних систем у «MatLab».

Блок-схему в лабораторній роботі було розбито на 3-а блоки, тому що вона вже не має простого вигляду. На мал.1,2,3 представлено блок-схеми запропонованої моделі. На мал.4. загальний вигляд системи при розробці проекту. На мал.5 результати роботи моделі.

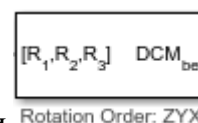
На що потрібно звернути увагу при використуванні версії MatLab R2022 при розробці цього проекту:

1. Відсутність елемента блок-схеми Fcn Simulink . Замість нього треба

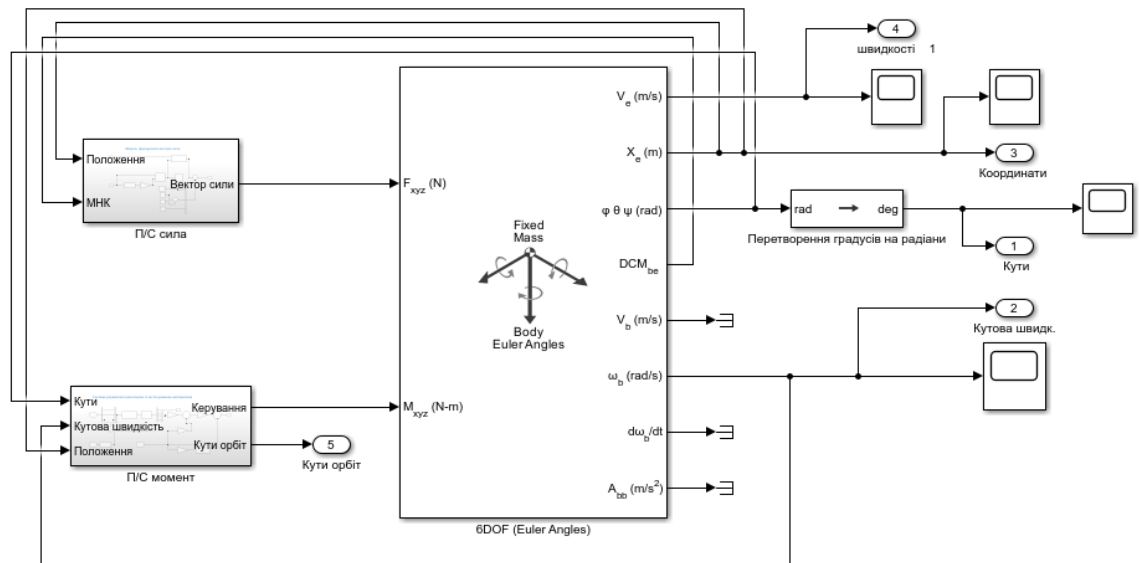


2. Замість елемента

треба використовувати

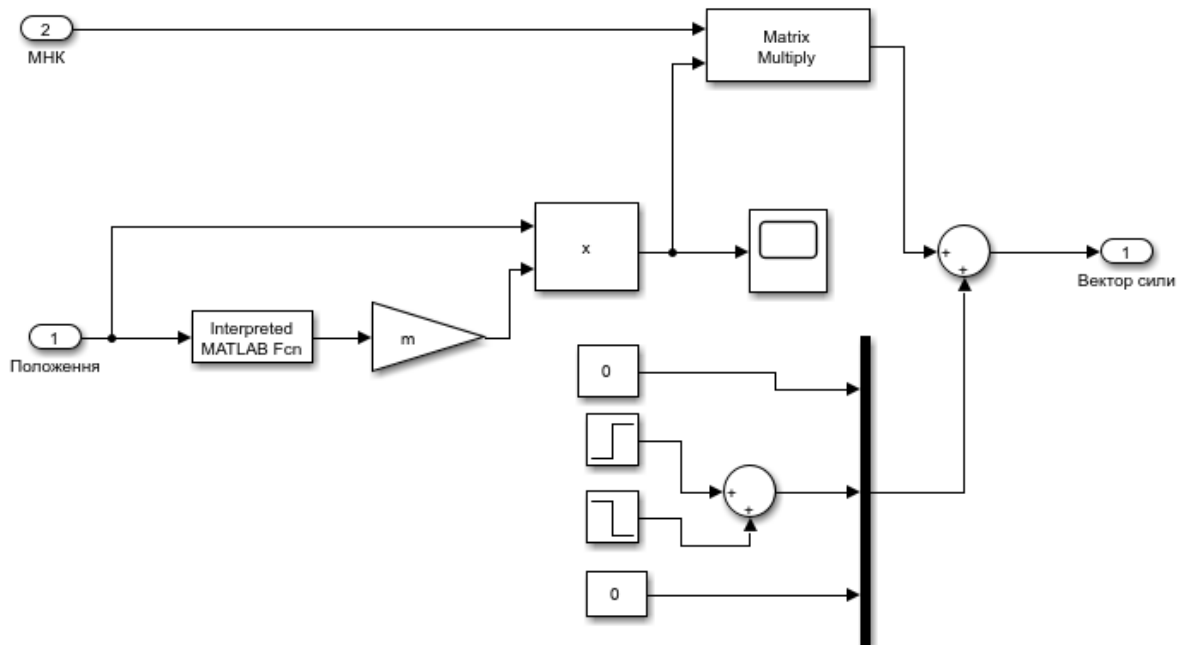


Модель руху штучного супутника землі



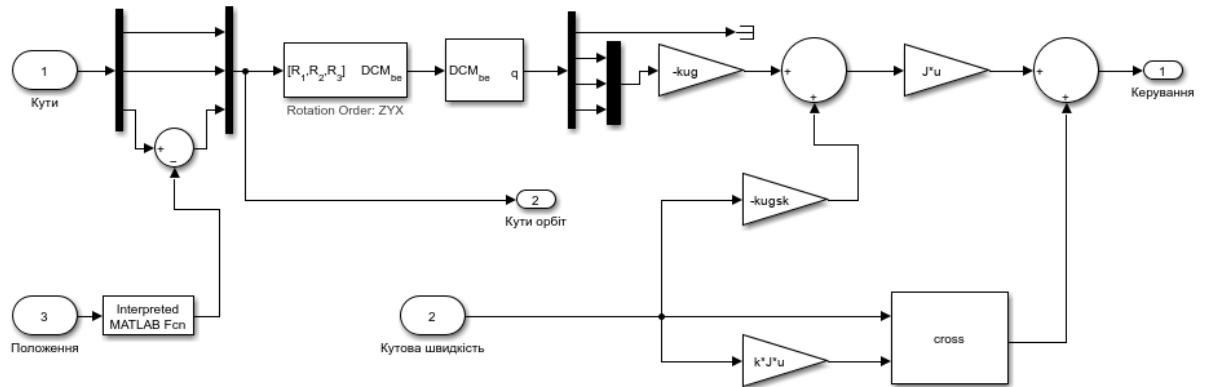
Мал. 1

Модель формування вектора сили

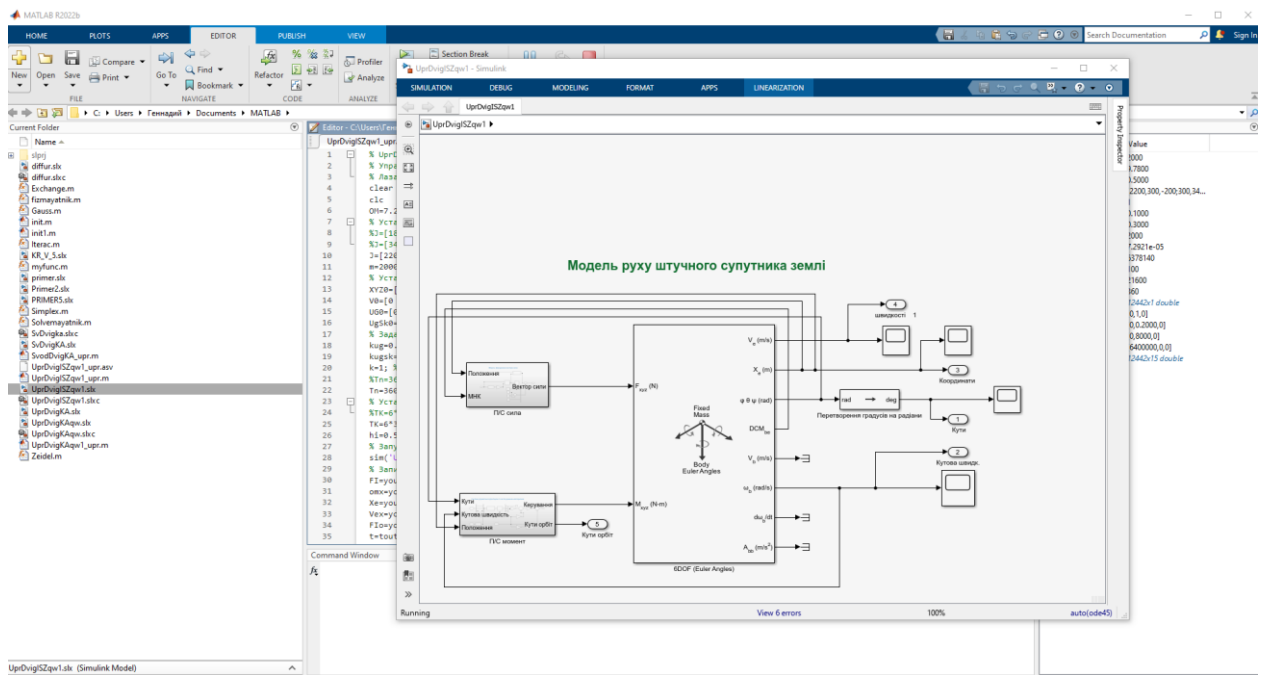


Мал. 2

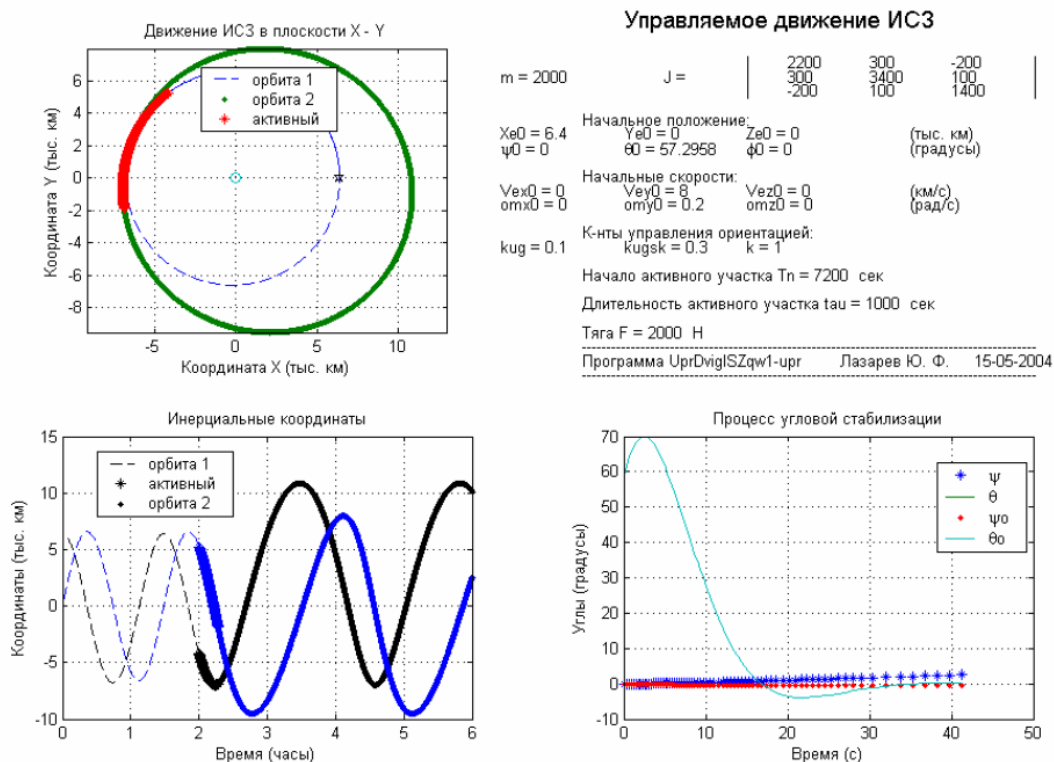
Система управління орієнтацією із застосуванням кватерніонів



Мал. 3



Мал. 4



Мал. 5

Текст керуючої програми, котра встановлює початкові і керуючі параметри, запускає на виконання модель 'UprDvigISZqw1' (команда «sim»), а потім обробляє їх в середовищі «MatLab», використовуючи масив yout, та будує різні графіки залежностей.

```
% UprDvigISZqw1_upr
% Управляющая программа для модели SvDvigKA
% Лазарев Ю.Ф. 15-05-2004
clear all
clc
OM=7.292115e-5; Re=6.37814e6; g=9.78;
% Установка параметров КА
%J=[1800 0 0;0 3400 0;0 0 1800]; % Матрица моментов инерции КА
%J=[3400 0 0;0 2200 0;0 0 1400]; % Матрица моментов инерции КА
J=[2200 300 -200;300 3400 100;-200 100 1400]; % Матрица моментов инерции КА
m=2000; % Масса КА
% Установка начальных условий
XYZ0=[6.4e6 0 0]; % Начальное положение КА
V0=[0 8e3 0]; % Начальные скорости КА
UG0=[0 1 0]; % Начальные углы КА
UGSk0=[0 0.2 0]; % Начальные угловые скорости КА
% Задание коэффициентов управления
kug=0.1; % К-нт обратной связи по углам
kugsk=0.3; % К-нт обратной связи по угловым скоростям
k=1; % К-нт компенсации гироскопического момента
Tn=3600*2; tau=1000; DF=2000;
% Установка параметров интегрирования
TK=6*3600; % Конечное время интегрирования
hi=0.5; % Шаг интегрирования
% Запуск модели
sim('UprDvigISZqw1');
```

```

% Запись результатов интегрирования
FI=yout(:,1); TE=yout(:,2); PSI=yout(:,3);
omx=yout(:,4); omu=yout(:,5); omz=yout(:,6);
Xe=yout(:,7); Ye=yout(:,8); Ze=yout(:,9);
Vex=yout(:,10); Vey=yout(:,11); Vez=yout(:,12);
FIO=yout(:,13); TEo=yout(:,14); PSIo=unwrap(yout(:,15));
t=tout; n=length(t);
k1=0;
for ks=1:n
    if t(ks)<=Tn
        k1=k1+1; t1(k1)=t(ks);
    end
end
K1=k1; Xe1=Xe(1:K1); Ye1=Ye(1:K1); k1=0;
for ks=1:n
    if (t(ks)>Tn) && (t(ks)<=Tn+tau)
        k1=k1+1; t2(k1)=t(ks);
    end
end
K2=k1; Xe2=Xe(K1+1:K1+K2); Ye2=Ye(K1+1:K1+K2); k1=0;
for ks=1:n
    if t(ks)>Tn+tau
        k1=k1+1; t3(k1)=t(ks);
    end
end
K3=k1; Xe3=Xe(K1+K2+1:K1+K2+K3); Ye3=Ye(K1+K2+1:K1+K2+K3);
% Графическое представление результатов
subplot(2,2,1)
plot(Xe1*1e-6,Ye1*1e-6,'--',Xe3*1e-6,Ye3*1e-6,'.',...
Xe2*1e-6,Ye2*1e-6,'*',0,0,'o',XYZ0(1)*1e-6,XYZ0(2)*1e-6,'pk'), grid
axis('equal');
title('Движение ИСЗ в плоскости X - Y');
xlabel('Координата X (тыс. км)'); ylabel('Координата Y (тыс. км)');
legend(' орбита 1 ', ' орбита 2 ', ' активный ');
subplot(2,2,3)
%plot(t1/3600,Xe1*1e-6,'k--',t2/3600,Xe2*1e-6,'k*',t3/3600,Xe3*1e-6,'k.',...
%t1/3600,Ye1*1e-6,'b--',t2/3600,Ye2*1e-6,'b*',t3/3600,Ye3*1e-6,'b.'), grid
plot(t1/3600,Xe1*1e-6,'k--',t1/3600,Ye1*1e-6,'b--'), grid
title('Инерциальные координаты');
plot(t1/3600,Xe1*1e-6,'k--',t1/3600,Ye1*1e-6,'b--'), grid
title('Инерциальные координаты');
xlabel('Время (часы)'); ylabel('Координаты (тыс. км)');
legend(' орбита 1 ', ' активный ', ' орбита 2 ');
subplot(2,2,4)
plot(t(1:80),PSI(1:80),'*',t(1:80),TE(1:80),t(1:80),PSIo(1:80)*180/pi,'.',...
t(1:80),TEo(1:80)*180/pi), grid
title('Процесс угловой стабилизации'); xlabel('Время (с)'); ylabel('Углы (градусы)');
legend(' \psi ', ' \theta ', ' \psio ', ' \thetao ');
subplot(2,2,2)
axis('off');
h=text(0.0,1.1,'Управляемое движение ИСЗ','FontSize',14);
h=text(0.3,0.95,'| '); h=text(0.4,0.95,num2str(J(1,1)));
h=text(0.6,0.95,num2str(J(1,2))); h=text(0.8,0.95,num2str(J(1,3)));
h=text(1.0,0.95,'| '); h=text(0.1,0.9,'J = ');
h=text(-0.3,0.9,['m = ',num2str(m)]);
h=text(0.3,0.9,'| '); h=text(0.4,0.9,num2str(J(2,1)));
h=text(0.6,0.9,num2str(J(2,2))); h=text(0.8,0.9,num2str(J(2,3)));
h=text(1.0,0.9,'| '); h=text(0.3,0.85,'| ');
h=text(0.4,0.85,num2str(J(3,1))); h=text(0.6,0.85,num2str(J(3,2)));
h=text(0.8,0.85,num2str(J(3,3))); h=text(1.0,0.85,'| ');

```

```

h=text(-0.1,0.75,'Начальное положение:'); h=text(-0.3,0.7,['Xe0 =
',num2str(XYZ0(1)*1e-6)]);
h=text(0.0,0.7,['Ye0 = ',num2str(XYZ0(2)*1e-6)]);
h=text(0.3,0.7,['Ze0 = ',num2str(XYZ0(3)*1e-6)]); h=text(0.7,0.7,'(тыс. км) ');
h=text(-0.3,0.65,['\psi0 = ',num2str(UG0(3)*180/pi)]);
h=text(0.0,0.65,['\theta0 = ',num2str(UG0(2)*180/pi)]);
h=text(0.3,0.65,['\phi0 = ',num2str(UG0(1)*180/pi)]); h=text(0.7,0.65,'(градусы) ');
h=text(-0.1,0.55,'Начальные скорости:');
h=text(-0.3,0.5,['Vex0 = ',num2str(V0(1)*1e-3)]); h=text(0.0,0.5,['Vey0 =
',num2str(V0(2)*1e-3)]);
h=text(0.3,0.5,['Vez0 = ',num2str(V0(3)*1e-3)]); h=text(0.7,0.5,'(км/с) ');
h=text(-0.3,0.45,['omx0 = ',num2str(UgSk0(1))]); h=text(0.0,0.45,['omy0 =
',num2str(UgSk0(2))]);
h=text(0.3,0.45,['omz0 = ',num2str(UgSk0(3))]); h=text(0.7,0.45,'(рад/с) ');
h=text(-0.1,0.35,'К-нты управления ориентацией:'); h=text(-0.3,0.3,['kug =
',num2str(kug)]);
h=text(0.0,0.3,['kugsk = ',num2str(kugsk)]); h=text(0.3,0.3,['k = ',num2str(k)]);
h=text(-0.1,0.2,['Начало активного участка Tn = ',num2str(Tn),' сек']);
h=text(-0.1,0.1,['Длительность активного участка tau = ',num2str(tau),' сек']);
h=text(-0.1,0.0,['Тяга F = ',num2str(DF),' Н']);
h=text(-0.1,-0.05,'-----
-----');
h=text(-0.1,-0.1,'Программа UprDvigISZqw1-upr Лазарев Ю. Ф. 15-05-2004');
h=text(-0.1,-0.15,'-----
-----');

```