

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФК КПІ

Кафедра прикладної математики

Лабораторна робота №7

«Математична модель керованого кутового руху космічного апарата 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:

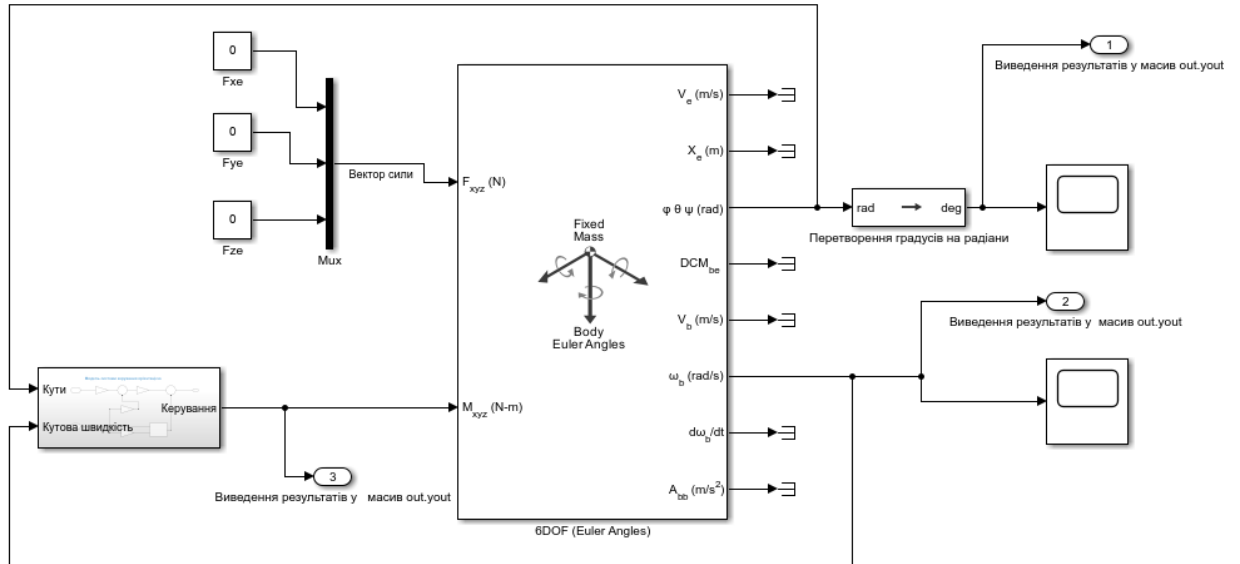
професор кафедри ПМ Жук П. Ф.

Київ 2022

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

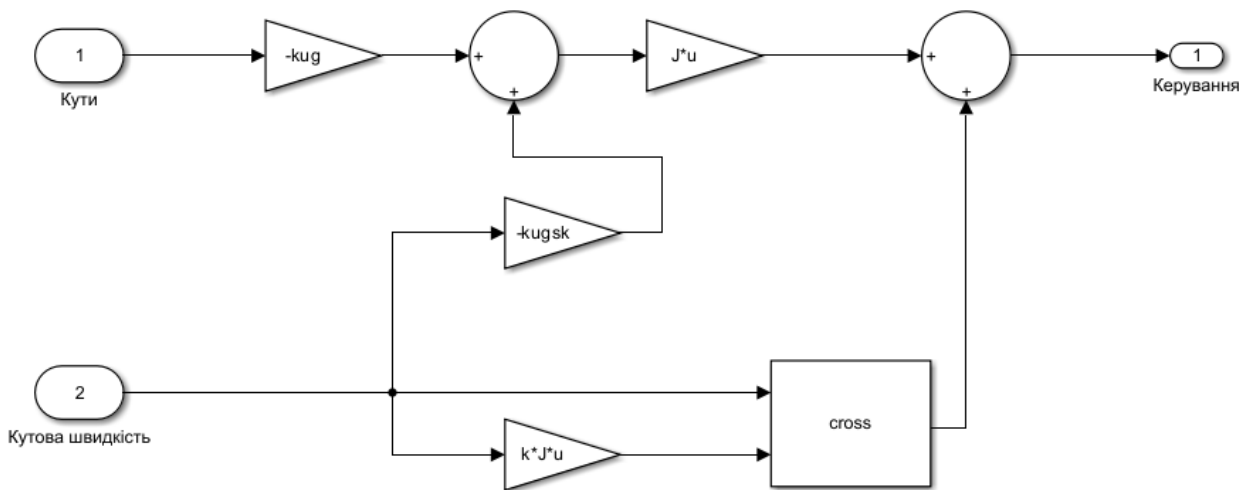
Блок-схему в лабораторній роботі було розбито на 2-а блоки, тому що вона вже не має простого вигляду. На мал.1,2 представлено блок-схеми запропонованої моделі.

Математична модель керованого кутового руху космічного апарата та її комп'ютерна реалізація в пакеті SIMULINK



Мал. 1

Модель системи керування орієнтацією



Мал. 2

Загальний вид при проектуванні моделі представлено на мал.3

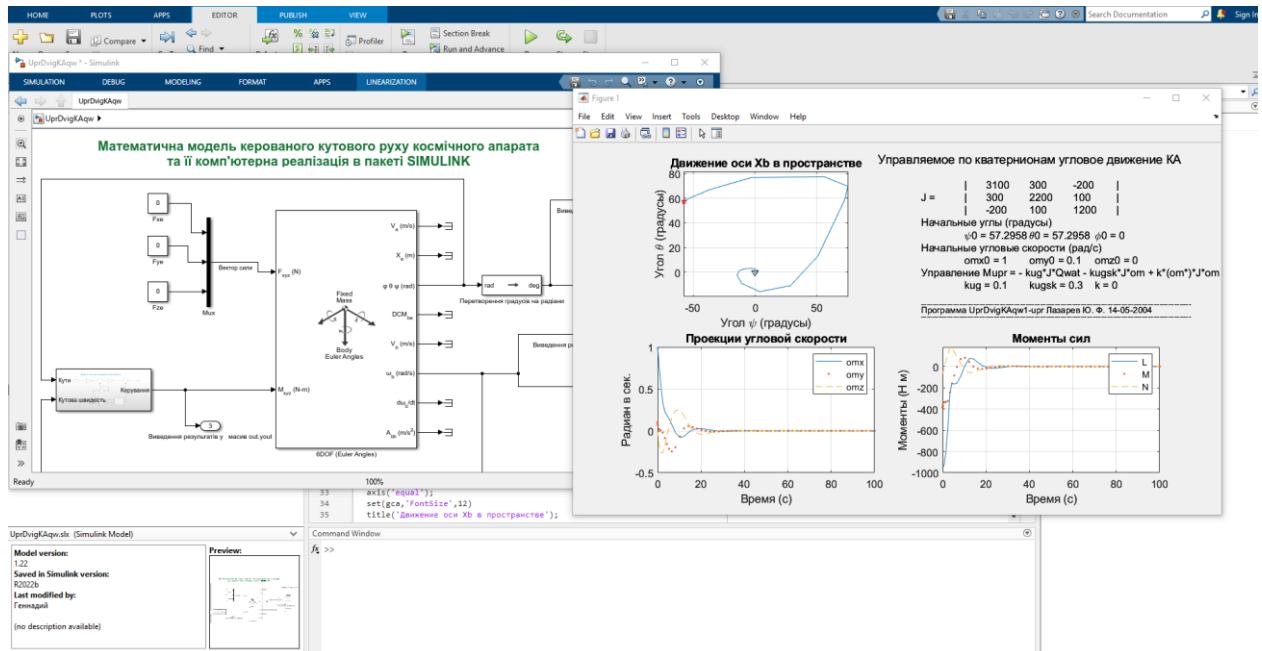
Загалом ця модель доповнює модель попередньої лабораторної роботи.

Треба також відмітити, що при використуванні елемента помноження на скаляр

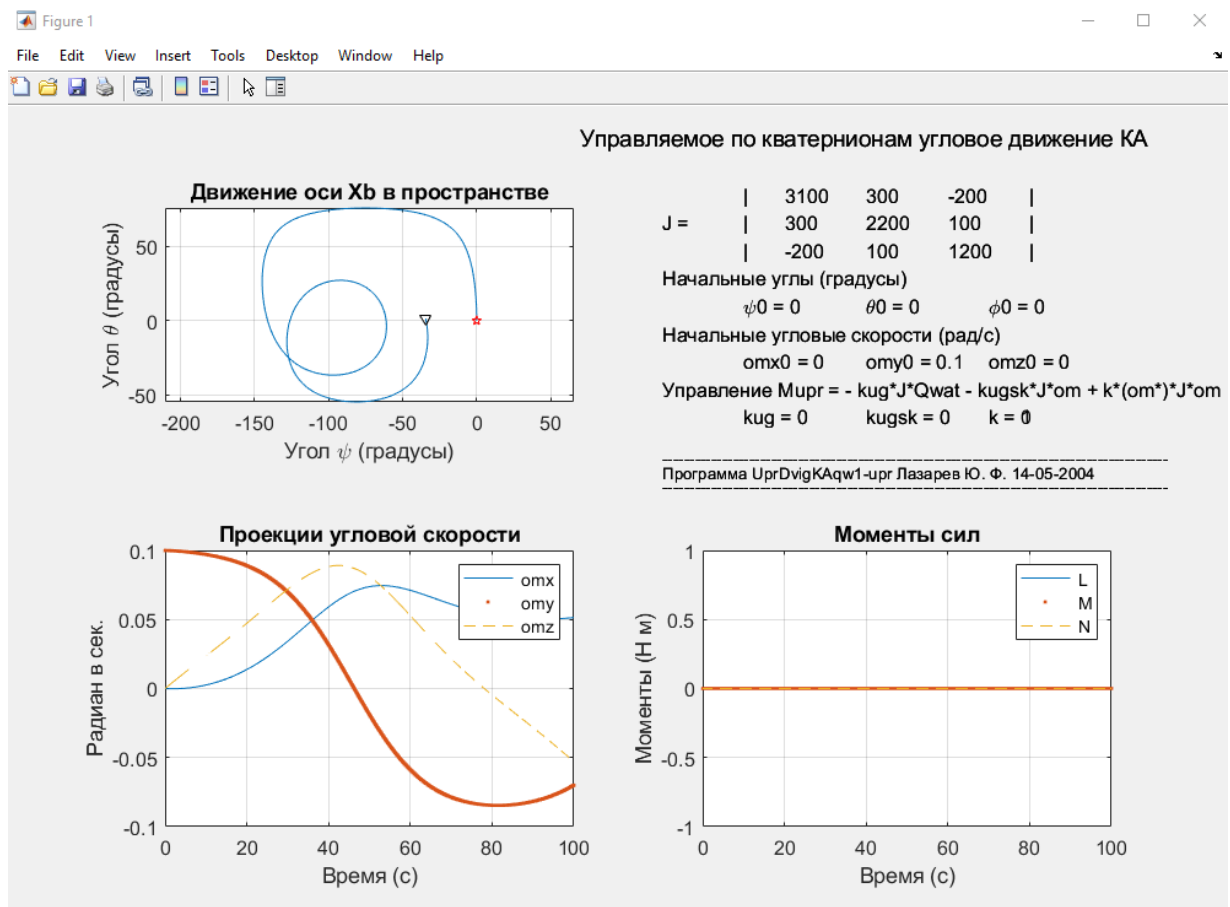


треба звертати увагу коли це є матрична операція і змінити налаштування у властивостях елемента.

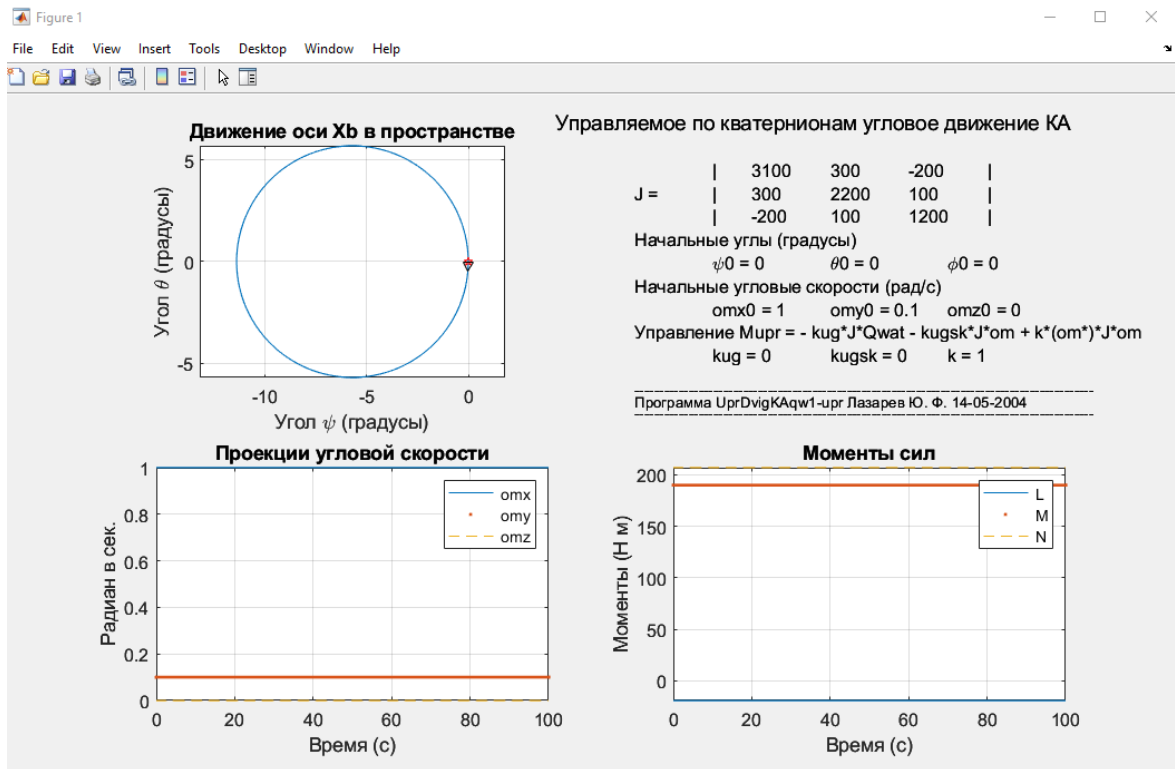
На мал.5 представлені вихідні дані в середовищі MatLab , які використовуються для побудови графіків.Результати роботи програми представлено на мал.4,5,6 при різних початкових умовах та параметрів керування.



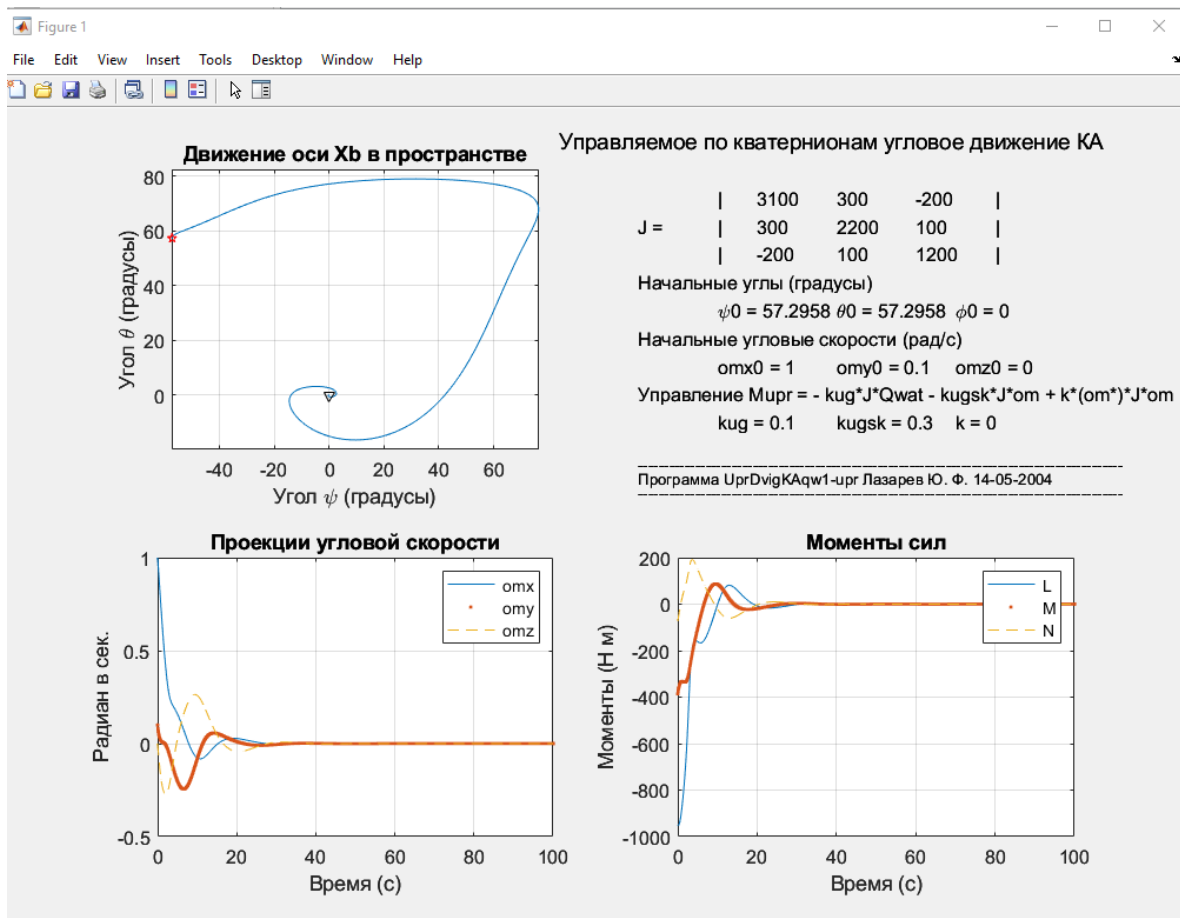
Мал.3



Мал.4



Мал. 5



Мал. 6

На мал.7 представлені вихідні дані в середовищі MatLab , які використовуються для побудови графіків.

Editor - UprDvigKAqw1_upr.m

Variables - yout

yout

54x9 double

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	57.2958	57.2958	0	0	0	-10	-230	-130
2	-1.8013e-05	57.2958	57.2958	3.0294e-11	-2.0089e-04	-2.0089e-04	-9.9939	-229.8613	-129.9216
3	-6.4781e-04	57.2954	57.2950	6.5307e-09	-0.0012	-0.0012	-9.9604	-229.1675	-129.5292
4	-0.0172	57.2847	57.2753	8.9170e-07	-0.0062	-0.0062	-9.7240	-225.6869	-127.5546
5	-0.2966	57.1033	56.9427	6.3754e-05	-0.0252	-0.0252	-7.7188	-211.6627	-119.5120
6	-0.8881	56.7072	56.2342	3.3274e-04	-0.0430	-0.0428	-4.2637	-197.4281	-111.2487
7	-1.7425	56.1041	55.2002	9.2841e-04	-0.0597	-0.0592	0.2798	-183.0569	-102.8672
8	-2.8019	55.3005	53.8986	0.0019	-0.0752	-0.0741	5.5381	-168.6214	-94.4740
9	-4.0053	54.3027	52.3892	0.0034	-0.0895	-0.0876	11.1513	-154.1937	-86.1716
10	-5.2931	53.1179	50.7299	0.0054	-0.1025	-0.0998	16.7947	-139.8468	-78.0511
11	-6.6110	51.7548	48.9730	0.0078	-0.1145	-0.1106	22.1928	-125.6533	-70.1881
12	-7.9124	50.2243	47.1631	0.0106	-0.1252	-0.1202	27.1282	-111.6847	-62.6393
13	-9.1595	48.5390	45.3356	0.0139	-0.1347	-0.1286	31.4430	-98.0098	-55.4428
14	-10.3235	46.7132	43.5172	0.0175	-0.1430	-0.1359	35.0347	-84.6932	-48.6191
15	-11.3841	44.7625	41.7262	0.0213	-0.1501	-0.1423	37.8497	-71.7940	-42.1738
16	-12.3282	42.7031	39.9740	0.0254	-0.1560	-0.1477	39.8736	-59.3651	-36.1006
17	-13.1483	40.5519	38.2660	0.0295	-0.1608	-0.1523	41.1221	-47.4524	-30.3844
18	-13.8418	38.3256	36.6037	0.0338	-0.1645	-0.1562	41.6325	-36.0950	-25.0046
19	-14.4091	36.0409	34.9850	0.0380	-0.1671	-0.1593	41.4557	-25.3251	-19.9375
20	-14.8530	33.7138	33.4061	0.0421	-0.1686	-0.1619	40.6506	-15.1686	-15.1581
21	-15.1777	31.3600	31.8617	0.0462	-0.1691	-0.1639	39.2794	-5.6451	-10.6419
22	-15.3884	28.9943	30.3460	0.0500	-0.1687	-0.1654	37.4045	3.2312	-6.3659
23	-15.4906	26.6308	28.8530	0.0537	-0.1674	-0.1665	35.0863	11.4511	-2.3091
24	-15.4899	24.2829	27.3770	0.0571	-0.1652	-0.1671	32.3820	19.0103	1.5467
25	-15.3921	21.9632	25.9126	0.0603	-0.1623	-0.1672	29.3449	25.9085	5.2170
26	-15.2027	19.6833	24.4553	0.0631	-0.1586	-0.1670	26.0244	32.1493	8.7144
27	-14.9272	17.4542	23.0010	0.0657	-0.1544	-0.1664	22.4660	37.7399	12.0489
28	-14.5710	15.2858	21.5467	0.0679	-0.1495	-0.1654	18.7120	42.6907	15.2276
29	-14.1394	13.1874	20.0904	0.0698	-0.1441	-0.1640	14.8017	47.0152	18.2553
30	-13.6378	11.1672	18.6307	0.0714	-0.1383	-0.1623	10.7720	50.7300	21.1346
31	-13.0715	9.2325	17.1673	0.0726	-0.1321	-0.1602	6.6583	53.8542	23.8659
32	-12.4463	7.3897	15.7010	0.0734	-0.1256	-0.1578	2.4942	56.4096	26.4480
33	-11.7679	5.6444	14.2334	0.0739	-0.1188	-0.1549	-1.6873	58.4203	28.8784
34	-11.0424	4.0009	12.7667	0.0741	-0.1119	-0.1518	-5.8539	59.9129	31.1532
35	-10.2760	2.4626	11.3043	0.0739	-0.1048	-0.1483	-9.9742	60.9159	33.2676
36	-9.4754	1.0210	9.8502	0.0724	-0.0977	-0.1444	-14.0160	61.4508	35.2162

Мал. 7

Текст керуючої програми, котра встановлює початкові і керуючі параметри, запускає на виконання модель 'UprDvigKAqw'(команда «sim»), а потім обробляє їх в

середовищі «MatLab», використовуючи масив yout, та будують різні графіки залежностей.

```
% UprDvigKAqw1_upr
% Управляющая программа для модели UprDvigKA
% Лазарев Ю.Ф. 14-05-2004
clear all
clc
% Установка параметров КА
%J=[3100 0 0;0 2200 0;0 0 2200]; % Матрица моментов инерции КА
%J=[3100 0 0;0 2200 0;0 0 1200]; % Матрица моментов инерции КА
J=[3100 300 -200;300 2200 100;-200 100 1200]; % Матрица моментов инерции КА
m=2000; % Масса КА
% Задание коэффициентов управления
kug=0.1; % К-нт обратной связи по углам
kugsk=0.3; % К-нт обратной связи по угловым скоростям
k=0; % К-нт компенсации гироскопического момента
% Установка начальных условий
XYZ0=[0 0 0]; % Начальное положение КА
V0=[0 0 0]; % Начальные скорости КА
UG0=[0 1 1]; % Начальные углы КА
UgSk0=[0 0 0]; % Начальные угловые скорости КА
% Установка параметров интегрирования
TK=100; % Конечное время интегрирования
hi=0.1; % Шаг интегрирования
% Запуск модели
sim('UprDvigKAqw');
% Запись результатов интегрирования
FI=yout(:,1); TE=yout(:,2); PSI=yout(:,3);
omx=yout(:,4); omy=yout(:,5); omz=yout(:,6);
t=tout;
L=yout(:,7); M=yout(:,8); N=yout(:,9);
% Графическое представление результатов
subplot(2,2,1)
plot(-PSI,TE,-PSI(1),TE(1),'pr',-PSI(end),TE(end),'kv'), grid
axis('equal');
set(gca,'FontSize',12)
title('Движение оси Xb в пространстве');
ylabel('Угол \theta (градусы)');
xlabel('Угол \psi (градусы)');
subplot(2,2,3)
plot(t,omx,t,omy,'.',t,omz,'--'), grid%plot(t,L,t,M,'.',t,N,'--'), grid
set(gca,'FontSize',12)
title('Проекция угловой скорости');%title('Моменты сил');
xlabel('Время (с)');
ylabel('Радан в сек. ');%ylabel('Моменты (Н м)');
legend(' omx ',' omy ',' omz ');%legend(' L ',' M ',' N ',0);
subplot(2,2,4)
plot(t,L,t,M,'.',t,N,'--'), grid
set(gca,'FontSize',12)
title('Моменты сил');
xlabel('Время (с)');
ylabel('Моменты (Н м)');
legend(' L ',' M ',' N ');
subplot(2,2,2)
axis('off');
h=text(-0.3,1.1,'Управляемое по кватернионам угловое движение КА','FontSize',14);
h=text(0.1,0.9,'| ', 'FontSize',12);
h=text(0.2,0.9,num2str(J(1,1)), 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.9,num2str(J(1,2)), 'FontSize',12);
h=text(0.6,0.9,num2str(J(1,3)), 'FontSize',12);
```

```

h=text(0.8,0.9,'| ', 'FontSize',12);
h=text(-0.1,0.8,'J = ', 'FontSize',12);
h=text(0.1,0.8,'| ', 'FontSize',12);
h=text(0.2,0.8,num2str(J(2,1)), 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.8,num2str(J(2,2)), 'FontSize',12);
h=text(0.6,0.8,num2str(J(2,3)), 'FontSize',12);
h=text(0.8,0.8,'| ', 'FontSize',12);
h=text(0.1,0.7,'| ', 'FontSize',12);
h=text(0.2,0.7,num2str(J(3,1)), 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.7,num2str(J(3,2)), 'FontSize',12);
h=text(0.6,0.7,num2str(J(3,3)), 'FontSize',12);
h=text(0.8,0.7,'| ', 'FontSize',12);
h=text(-0.1,0.6,'Начальные углы (градусы)', 'FontSize',12);
h=text(0.1,0.5,['\psi0 = ',num2str(UG0(3)*180/pi)], 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.5,['\theta0 = ',num2str(UG0(2)*180/pi)], 'FontSize',12);
h=text(0.7,0.5,['\phi0 = ',num2str(UG0(1)*180/pi)], 'FontSize',12);
h=text(-0.1,0.4,'Начальные угловые скорости (рад/с)', 'FontSize',12);
h=text(0.1,0.3,['omx0 = ',num2str(UgSk0(1))], 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.3,['omy0 = ',num2str(UgSk0(2))], 'FontSize',12);
h=text(0.7,0.3,['omz0 = ',num2str(UgSk0(3))], 'FontSize',12);
h=text(-0.1,0.2,'Управление Mupr = - kug*J*Qwat - kugsk*J*om +
k*(om*)*J*om', 'FontSize',12);
h=text(0.1,0.1,['kug = ',num2str(kug)], 'FontSize',12);
h=text(0.4,0.1,['kugsk = ',num2str(kugsk)], 'FontSize',12);
h=text(0.7,0.1,['k = ',num2str(k)], 'FontSize',12);
h=text(-0.1,-0.05,'-----
-----');
h=text(-0.1,-0.1,'Программа UprDvigKAqw1-upr Лазарев Ю. Ф. 14-05-2004');
h=text(-0.1,-0.15,'-----
-----');

```