

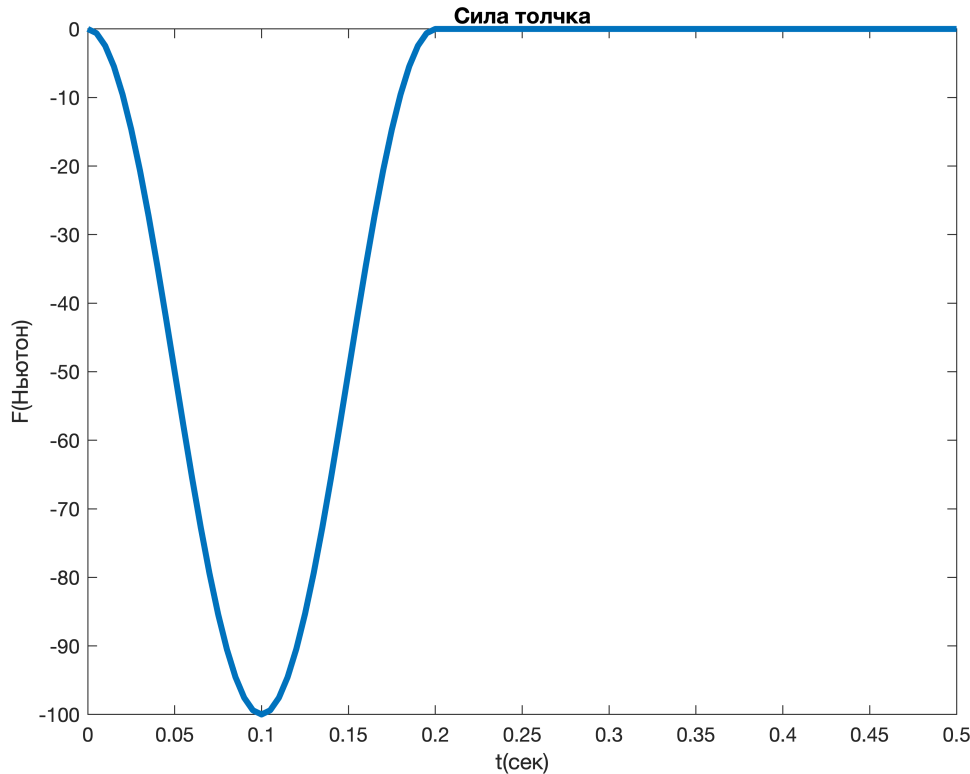
Модель толкателя

```
syms F(t);  
F(t)=-(heaviside(t)-heaviside(t-0.2))*50*(1-cos(4*pi*2.5*t))
```

$F(t) =$

$$-\left(50 \operatorname{heaviside}\left(t - \frac{1}{5}\right) - 50 \operatorname{heaviside}(t)\right) (\cos(10 \pi t) - 1)$$

```
t=0:0.005:0.5;  
plot(t,F(t),'LineWidth',3);title("Сила толчка");xlabel('t(сек)');ylabel("F(Ньютон)")
```



Поиск p и c

```
m=74; g=9.81;l=0.88;  
J=1/3*m*l^2;%момент инерции тела  
syms p c  
b=0.6;  
p=double(solve(p/J==2*b,p,'Real',true))
```

$p = 22.9222$

```
c=double(solve((c-m*g*l)/J==(2*pi*0.3)^2-b^2,c,'Real',true))
```

$c = 699.8206$

Уравнение движения

$$J\ddot{\theta} = mgl\theta + M - Fl$$

$$J\ddot{\theta} = mgl\theta - C\dot{\theta} - P\dot{\theta} - Fl$$

$$J\ddot{\theta} + P\dot{\theta} + \theta(C - mgl) + Fl = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{P}{J}\dot{\theta} + \theta\frac{(C - mgl)}{J} + \frac{Fl}{J} = 0$$

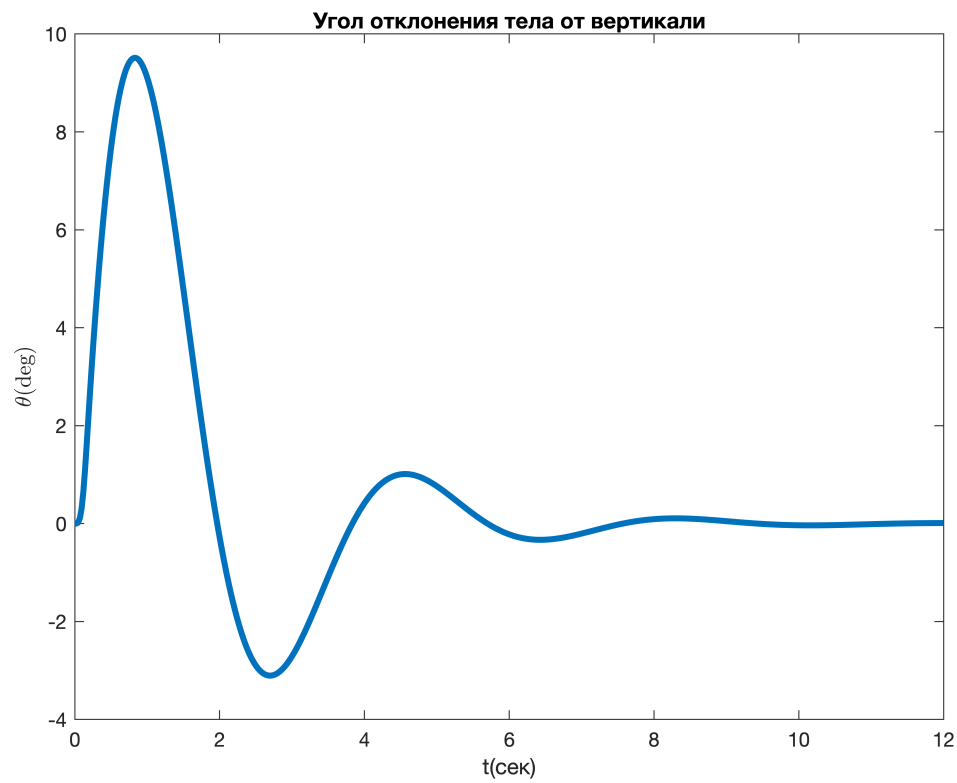
```
syms y(t);
Dy = diff(y,t);
cond = [y(0)==0, Dy(0)==0];
eqn = diff(y,t,2)+p/J*diff(y,t)+(c-m*g*l)*y/J+F(t)*l/J==0;
theta(t) = dsolve(eqn,cond);%theta

dtheta=diff(theta,1);

ddtheta=diff(dtheta,t);

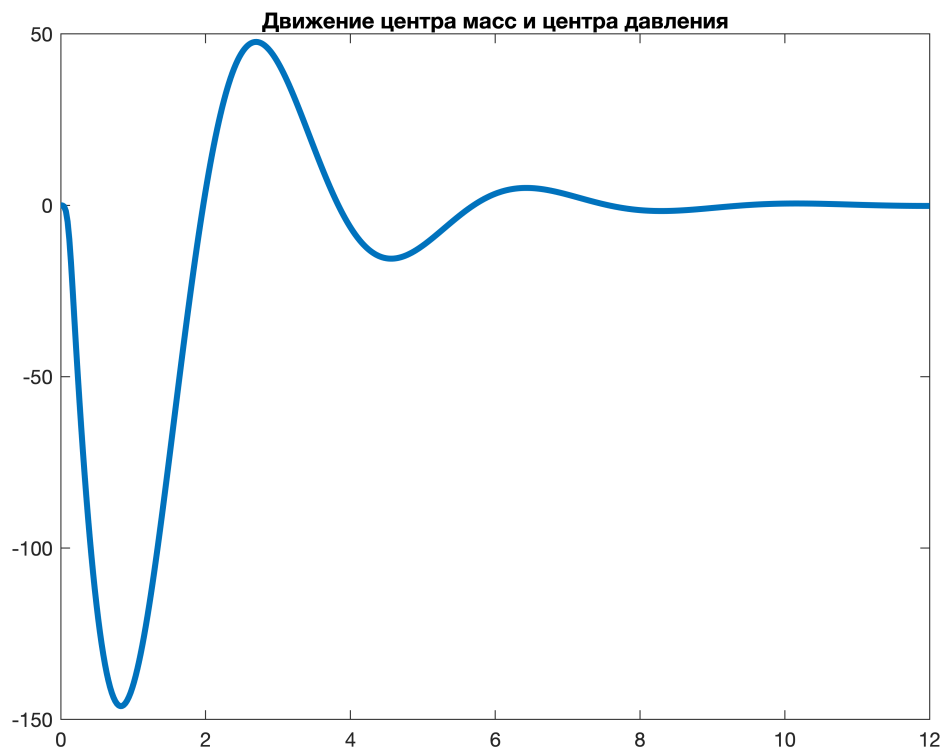
% t=0:0.04:12;
t=linspace(0,12,512);

plot(t,rad2deg(theta(t)),'LineWidth',3);
title("Угол отклонения тела от вертикали");
xlabel("t(сек)");ylabel('$\theta$(deg)','Interpreter','latex')
```



Сагиттальное движение центра масс

```
realeta=-l*double(theta(t))*1000;  
plot(t,realeta,'LineWidth',3);  
title("Движение центра масс и центра давления");  
hold on;
```



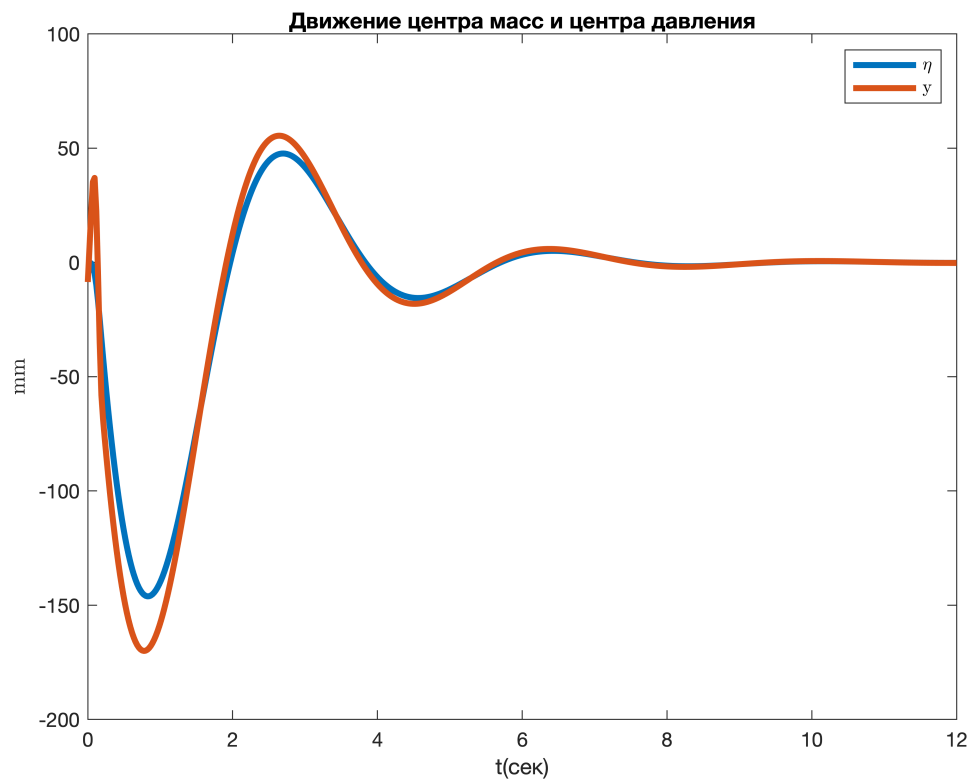
```
% xlabel("t(сек)");ylabel('$\eta$(mm)','Interpreter','latex')
```

Поиск Y , зная η

```
hp=0.07*(1+l*2);
yy=-l*(theta-(J+m*l*hp)/(m*g*l)*ddtheta)+F*(l+hp)/(m*g);

plot(t,fillmissing(double(yy(t)*1000),'linear'),'LineWidth',3);

xlabel("t(сек)");ylabel('mm','Interpreter','latex')
legend('$\eta$', 'y', 'Interpreter', 'latex')
hold off
```



Поиск η , зная y через FFT

```
% ybase=fillmissing(double(yy(t)*1000),'linear');
% пусть yy(t) это идеальные показания с датчиков
% ybase2=fillmissing(double(yy(t)-F(t)*(l+hp)/(m*g)*1000),'linear');
ybase2=fillmissing(double(yy(t)*1000),'linear');
ticks=512
```

ticks = 512

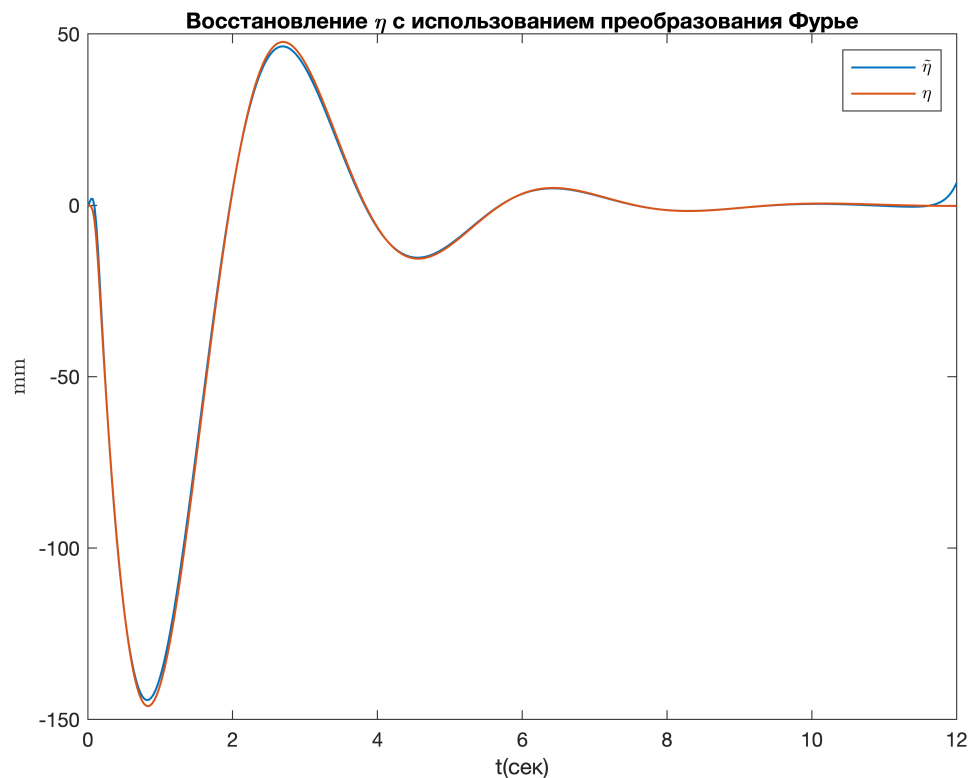
```
ycorrected=double(ybase2-1000*F(t)*(l+hp)/(m*g));
ybase2=ycorrected;

h=l*2;
hp = 0.07 * (1 + h);
J = m * l^2 / 3 + hp * m * l;
mgh=m*g*h;

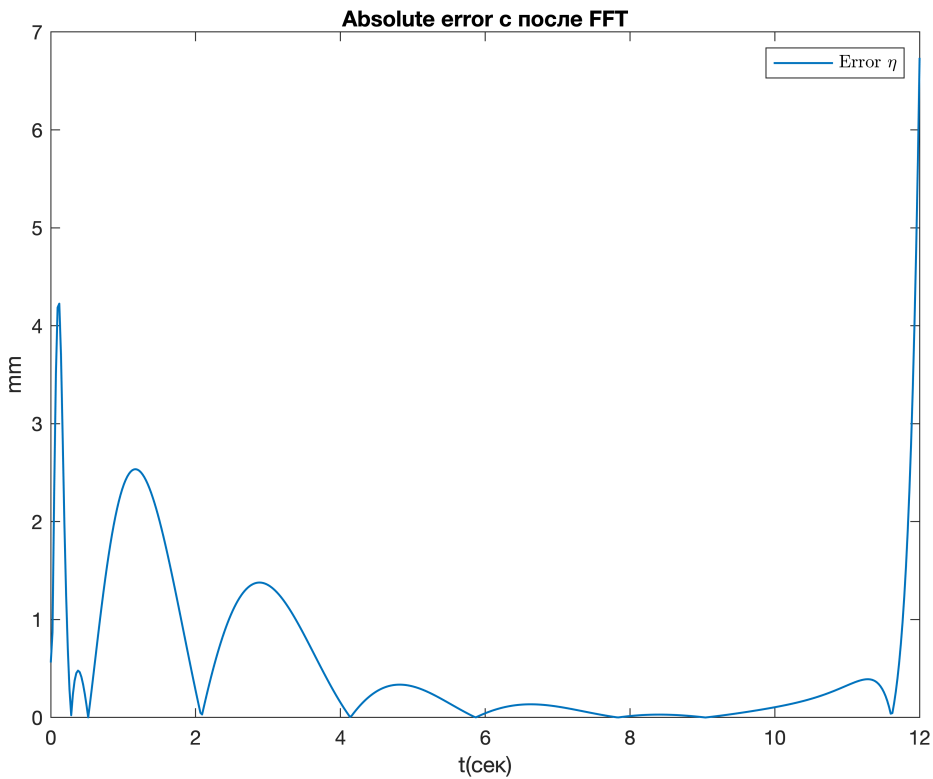
fur2=@COPMfftfilt;
afterfur2=COPMfftfilt(ybase2',ticks,J,mgh);
```

Оценка ошибки при восстановлении η через FFT

```
plot(t,afterfur2,t,realeta,'LineWidth',1);  
title("Восстановление  $\eta$  с использованием преобразования Фурье")  
xlabel("t(сек)");ylabel('mm','Interpreter','latex')  
legend('$\tilde{\eta}$','$\eta$','Interpreter','latex')
```



```
plot(t,abs(afterfur2'-realeta),'LineWidth',1);  
title("Absolute error c после FFT")  
xlabel("t(сек)");ylabel('mm')  
legend('Error  $\eta$ ','$\eta$','Interpreter','latex')
```



Поиск η , зная Y через фильтрацию

```
numerator=1;
denominator=[sqrt((J+m*l*hp)/(m*g*l)) 1];
H = tf(numerator,denominator);
Hd = c2d(H,12/512,'foh')
```

Hd =

$$\frac{0.04323 z + 0.04196}{z - 0.9148}$$

Sample time: 0.023438 seconds
Discrete-time transfer function.

```
miidledata=filter(cell2mat(Hd.numerator),cell2mat(Hd.denominator),ybase2);
```

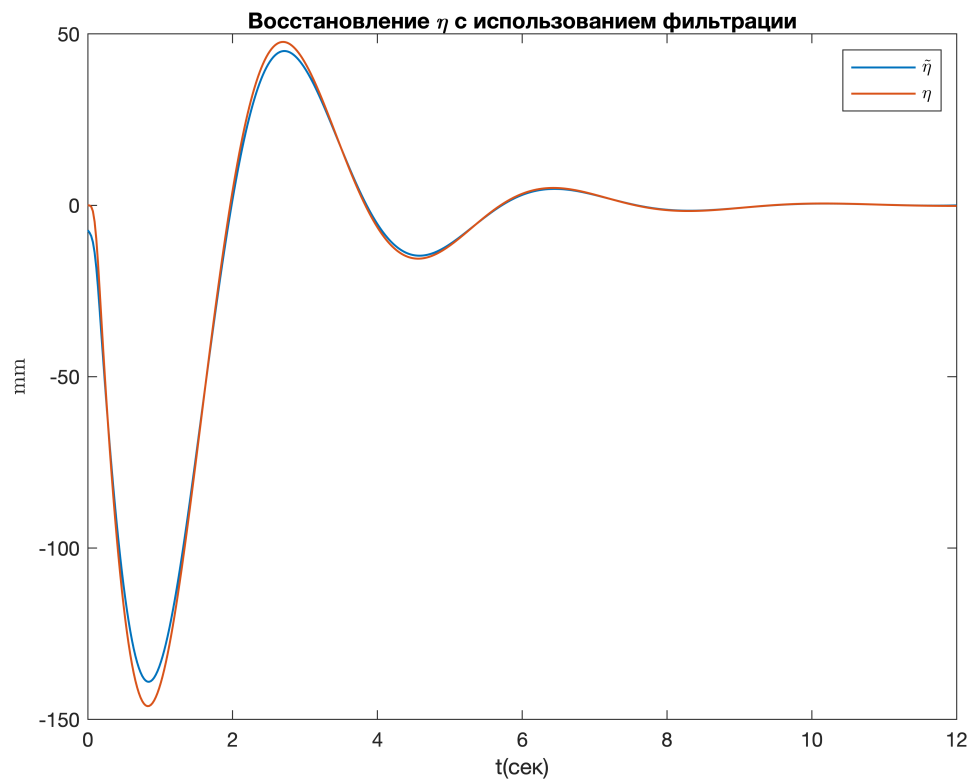
```
numerator=1;
denominator=[sqrt((J+m*l*hp)/(m*g*l)) 1];
H = tf(numerator,denominator);
Hd2 = c2d(H,12/512,'foh')
```

Hd2 =

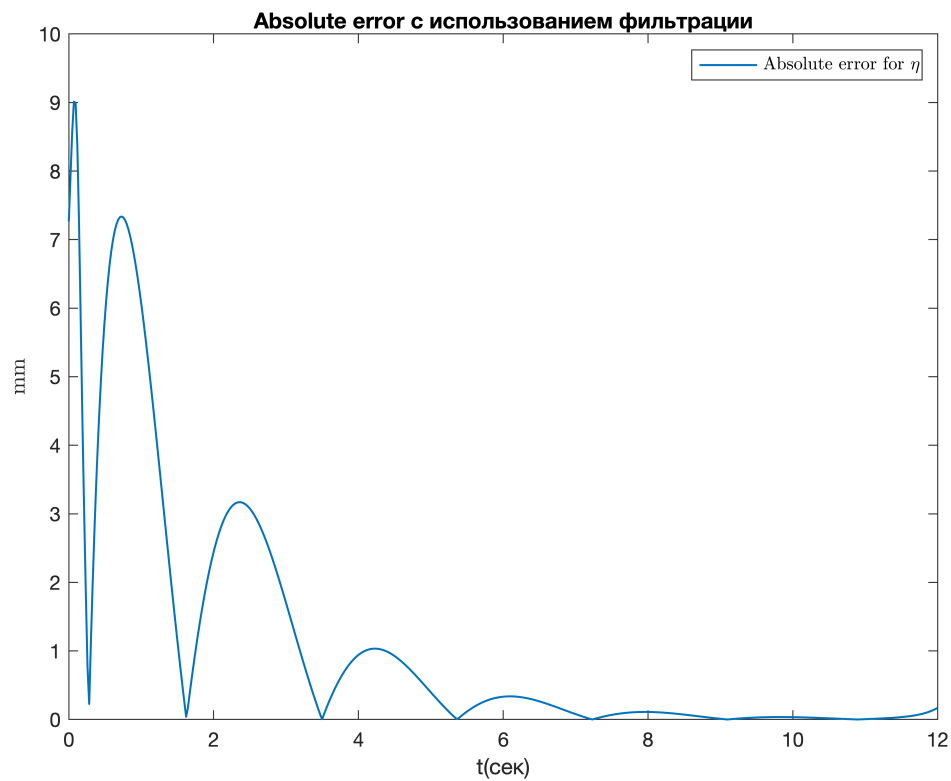
$$\frac{0.04323 z + 0.04196}{z - 0.9148}$$

Sample time: 0.023438 seconds
Discrete-time transfer function.

```
enddata=flip(filter(cell2mat(Hd2.numerator),cell2mat(Hd2.denominator),flip(miidledata))  
plot(t(1:ticks),enddata,t(1:ticks),realeta,'LineWidth',1);  
title("Восстановление \eta с использованием фильтрации")  
xlabel("t(сек)");ylabel('mm','Interpreter','latex')  
legend('$\tilde{\eta}$','$\eta$','Interpreter','latex')
```



```
plot(t(1:ticks),abs(enddata-realeta),'LineWidth',1);  
title("Absolute error с использованием фильтрации")  
xlabel("t(сек)");ylabel('mm','Interpreter','latex')  
legend('Absolute error for $\eta$','Interpreter','latex')
```

```
function ret = furiermy (cop, m)
    g=9.81;
    %    нужно 2^N размерность
    N=length(cop);
    f1 = cop(1);
    f2 = cop(N);
    b = (N * f1 - f2) / (N - 1);
    a = (f1 - b) / 0.02;
    t = 0.02:0.02:(N*0.02);
    x_ = (a * t + b)';
    x = cop - x_;
    l=0.88;
    h=l*2;
    hp = 0.07 * (1 + h);
    J = m * l^2 / 3 + hp * m * l;
    mgl = m * g * l;

    f=(1:N)/N*50*2*pi;
    kw=-mgl./(J*f(1:(N/2+1)).^2+mgl);
    S=fft(x(1:N),N);
    plot(1:300,real(S),1:300,imag(S));
    legend('Re','Im')
```

```

    Sn=S(1:(N/2)+1).*kw';
    Sn((N/2+2):N)=flipud(conj(Sn(2:(N/2))));
    xn=ifft(Sn,N);
%    very strange random mirroring and inversing!!!
    ret = -1*flipud(flipud(xn) + x_);

end

function xn=COPMfftfilt(sy,N,J,mgh)

nt=(1:N)';
a=(sy(N)-sy(1))/(N-1);
b=(sy(N)-sy(1))/2;
x=sy(1:N)-a*nt-b;
f=(1:N)/N*50*2*pi;
kw=-mgh./(J*f(1:(N/2+1)).^2+mgh);
S=fft(x,N);
Sn=S(1:(N/2+1)).*kw';
Sn((N/2+2):N)=flipud(conj(Sn(2:(N/2))));
xn=ifft(Sn)-a*nt-b;
xn=-1*xn;
end

```