

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФК КПІ

Кафедра прикладної математики

Лабораторна робота №4

«Модель поведження фізичного маятника»
з дисципліни «Математичне та комп'ютерне моделювання складних об'єктів»

Варіант № 5

Виконав:

студент групи ПМ-151 М
Юрашев В.Г.

Перевірив:

професор кафедри ПМ Жук П. Ф.

Київ 2022

За допомогою пакету програм SimuLink побудувати фазовий портрет та траєкторію руху фізичного маятника, точка підвісу якого поступально переміщується з часом за гармонічним законом (за варіантом таб. 1):

$$\varphi'' + \sin \varphi = S(\tau, \varphi, \varphi'), \quad (7.1)$$

де функція $S(\tau, \varphi, \varphi')$ має наступний вид

$$S(\tau, \varphi, \varphi') = -2 \cdot \zeta \cdot \varphi' - [n_{mx} \cdot \sin(\nu \cdot \tau + \varepsilon_x) \cdot \cos \varphi + n_{my} \cdot \sin(\nu \cdot \tau + \varepsilon_y) \cdot \sin \varphi], \quad (7.2)$$

а безрозмірні величини ζ і ν визначаються виразами

$$\zeta = \frac{R}{2 \cdot \sqrt{mgl \cdot J}}; \quad \nu = \frac{\omega}{\omega_0}; \quad \left(\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}} \right).$$

Вхідними (тими, що задаються) параметрами для моделювання вважаємо:

- 1) параметри самого маятника; до них у розглядуваному випадку відноситься лише відносний коефіцієнт загасання ζ ;
- 2) параметри, що характеризують зовнішню дію; сюди входять: амплітуди вібропереважень точки підвісу маятника у вертикальному n_{ym} ш горизонтальному n_{xm} напрямках; відносна (по відношенню до частоти власних малих коливань маятника) частота вібрації основи ν ; початкові фази ε_x і ε_y вібрації основи;
- 3) початкові умови руху маятника, тобто початкове відхилення φ_0 маятника від вертикалі і його безрозмірну кутову швидкість $\varphi'_0 = \varphi_0 / \omega_0$.

До вихідних (модельованих) величин віднесемо поточний кут відхилення маятника від вертикалі $\varphi(\tau)$ і його безрозмірну кутову швидкість $\varphi'(\tau)$.

№ варіанту	J	R	mgl	n_{my}	n_{mx}	ω	ε_x	ε_y
5	5	0.1	0.75	0.9	1.1	8	0.1	0.4

Перед побудовою схеми перетворимо рівняння 7.2 наступного виду:

$$\varphi'' = -\sin \varphi - 2 \cdot \zeta \cdot \varphi' - [n_{mx} \cdot \sin(\nu \cdot \tau + \varepsilon_x) \cdot \cos \varphi + n_{my} \cdot \sin(\nu \cdot \tau + \varepsilon_y) \cdot \sin \varphi] \quad (1)$$

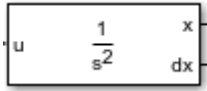
Початкові дані мого варіанта моделі (для вирішення диференціального рівняння) визначимо у файлі init.m.

Файл init.m

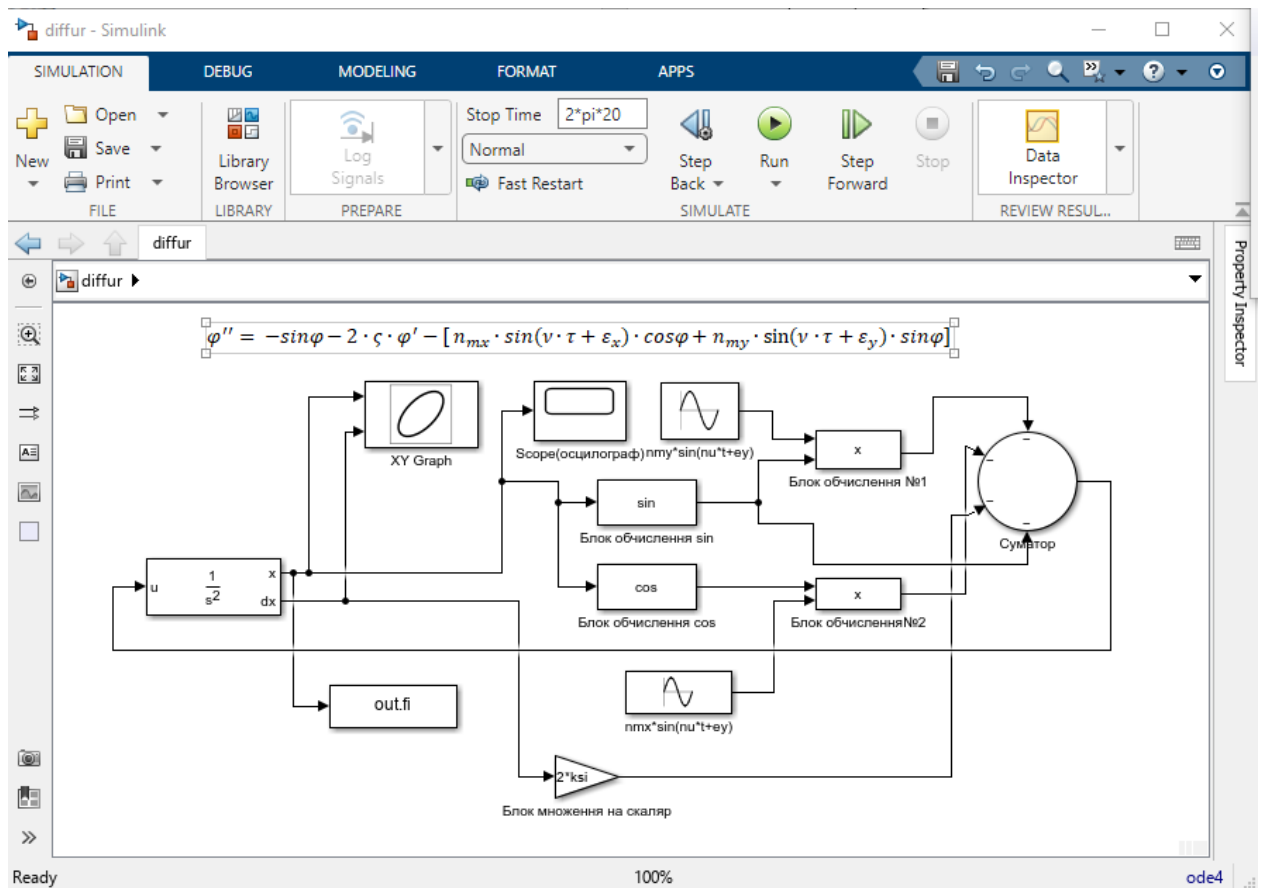
```
clc
nmy=0.9;
nmx=1.1;
ey=0.4;
ex=0.1;
mgl=0.75;
j=5;
omega0=sqrt(mgl/j);
r=0.1;
ksi=r/(2*sqrt(mgl*j));
```

```
omega=8;
nu=omega/omega0;
fit0=0;
fi0=pi/180;
```

Запропоновану блок-схему в лабораторній роботі ми не розбиватимемо на блоки через досить просте рівняння. Крім того, 2 одинарні **інтегратори** замінимо одним двократним.



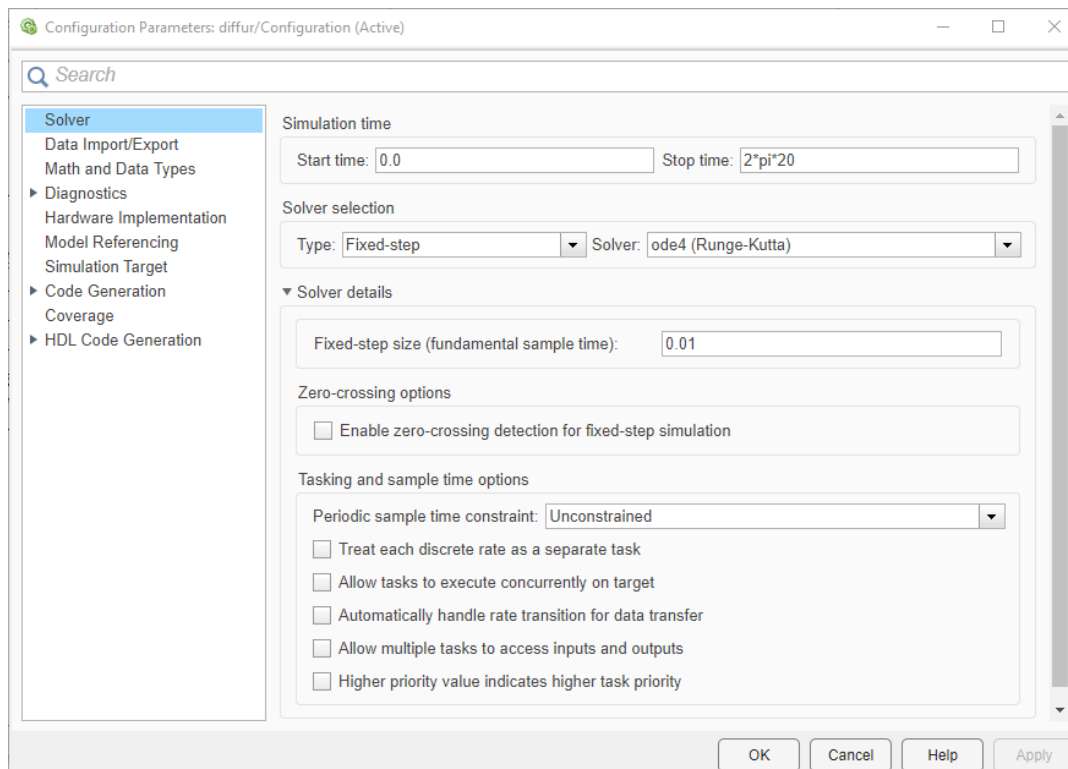
При побудові блок-схем під необхідними конструкційними блоками зробимо їх опис.



Мал. 1

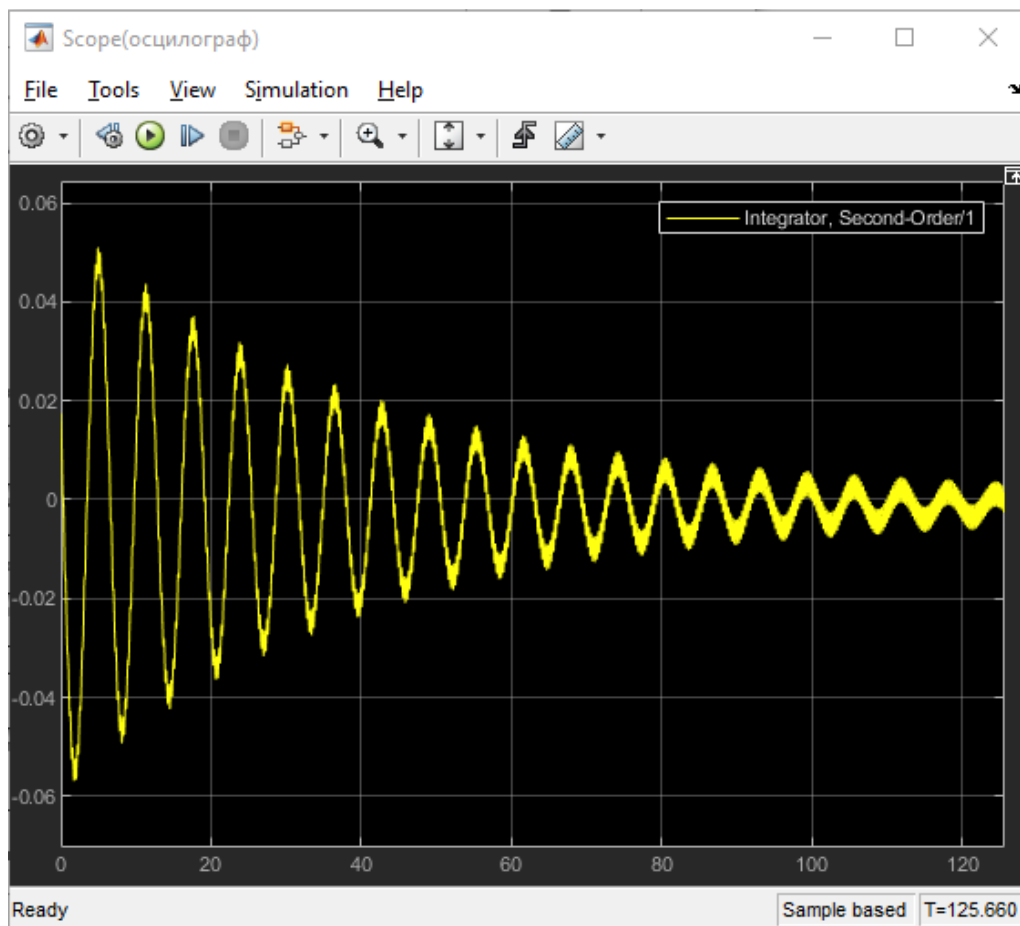
На мал.1 представлено блок-схему нашої математичної моделі. Також до блок-схеми додамо ще один візуальний елемент, який називається **"To Workspace"**, щоб створити дані, необхідні для побудови графіка шуканої функції у робочому середовищі MatLab.

Клацнувши правою кнопкою мишки у вільній частині робочого столу конструктора, виберемо пункт меню **"Model Configuration Parameters"**. У формі, що відкрилася, виберемо закладку **"Solvers"** і у підформі, що відкрилася, визначимо необхідні дані для чисельного розв'язання диференціального рівняння (мал. 2).

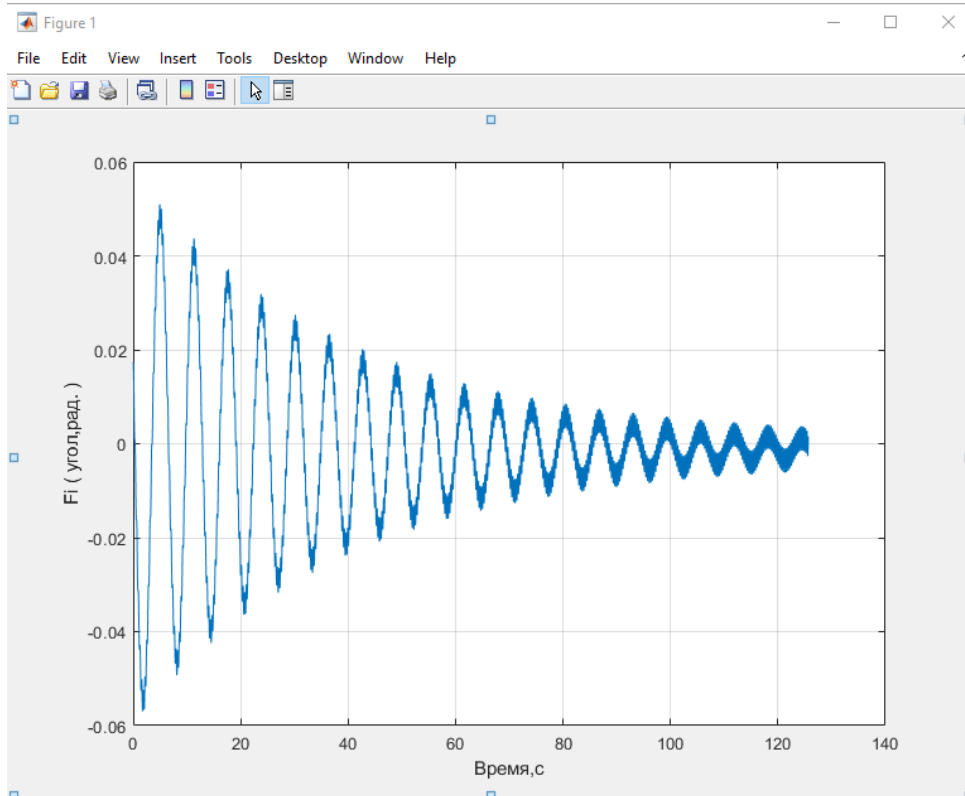


Мал. 2

Результати моделювання фізичного маятника представлені на малюнках 3, 4, 5:
Графік залежності кута повороту маятника від часу $\text{fit}(t)$,



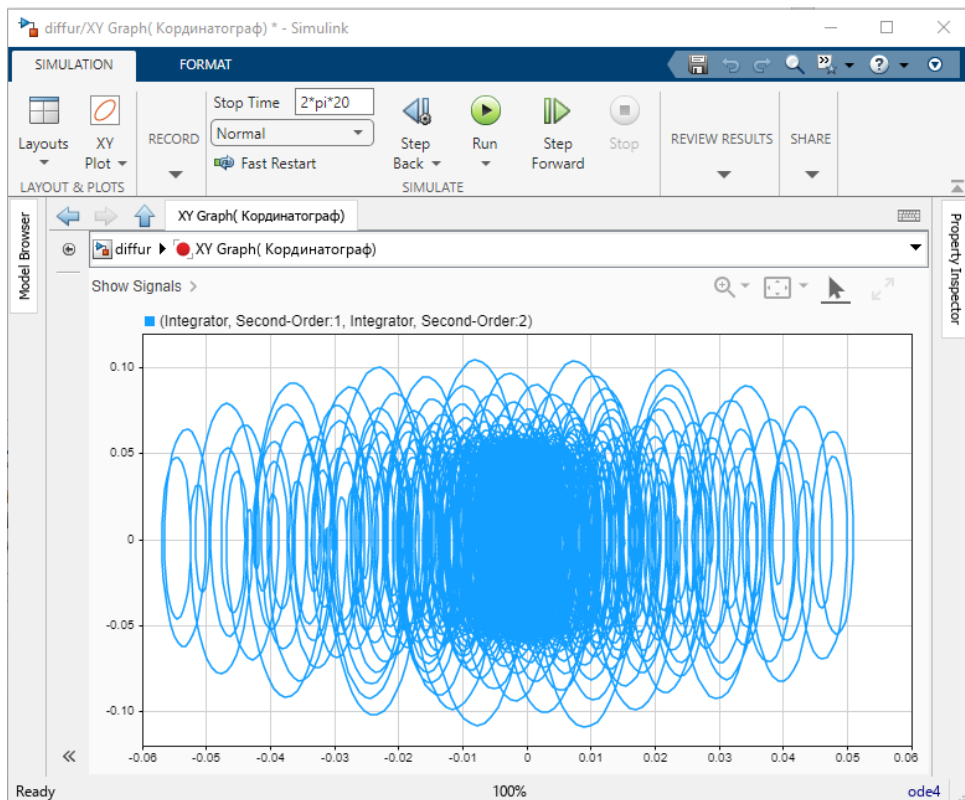
мал.3



мал.4

Даний графік був побудований безпосередньо в середовищі MatLab (функція «Plot») з використанням даних, які були сформовані за допомогою елемента "To Workspace".

Зображення фазового портрета маятника fit (fi).



мал.5

Наприкінці, як доповнення, наведемо розв'язання цього завдання серед з використанням чисельного методу Рунге-Куты.

Файл fizmayatnik.m

```
function dy=fizmayatnik(x,y)
clc;
nmy=0.9;
nmx=1.1;
ey=0.4;
ex=0.1;
mg1=0.75;
j=5;
omega0=sqrt(mg1/j);
r=0.1;
ksi=r/(2*sqrt(mg1*j));
omega=8;
nu=omega/omega0;
dy=[y(2);-2*ksi*y(2)-sin(y(1))-nmx.*sin(nu*x+ex).*cos(y(1))-
nmy.*sin(nu*x+ey).*sin(y(1))];
```

Файл Solvemayatnik.m

```
function Solvemayatnik
[T,Y]=ode45(@fizmayatnik,[0 2*pi*20],[pi/180 0]);
plot(T,Y(:,1));
```

