

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна
академія

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ДИЗАЙН І МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
І МАШИН
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВСІХ ВИДІВ РОБІТ
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
І ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ І МАШИН
/Частина 3 SCILAB /**

(Для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка»
Спеціалізація: Комп'ютерне моделювання та проектування процесів і машин)

Краматорськ 2019

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна
академія

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ДИЗАЙН І МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
І МАШИН
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВСІХ ВИДІВ РОБІТ
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
І ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ І МАШИН
/Частина 3 SCILAB /**

(для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка»
Спеціалізація: Комп'ютерне моделювання та проектування процесів і машин)

Затверджено
на засіданні методичної ради
спеціальності КДіМПП
Протокол № от серпня 2018р.

Краматорськ 2019

УДК 621.73.043

Комп'ютеризовані дизайн і моделювання процесів і машин методичні вказівки для всіх видів робіт комп'ютерне моделювання і проектування процесів і машин /Частина 3 SCILAB / (для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» Спеціалізація: Комп'ютерне моделювання та проектування процесів і машин) / Уклад.: Є.А. Єр'омкін, П.А. Бочанов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 36 с.

Методичні вказівки призначені для ознайомлення студентів з основними принципами структурного моделювання систем автоматичного управління. Розглянуто особливості моделювання та аналізу динамічних перехідних процесів ковальсько-пресових машин і нагрівальних печей в середовищі SCILAB.

Укладачі: Є.А. Єр'омкін, доц. каф. КДіМПМ;
П.А. Бочанов, ст. викл. каф. КДіМПМ.

Відп. за випуск О.Є. Марков, проф.

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Короткі відомості про пакет SCILAB.....	6
1.1 Система SCILAB.....	6
1.2 Арифметичні обчислення.....	8
1.3 Змінні.....	8
1.4 Системні змінні.....	9
1.5 Елементарні математичні функції.....	9
2 Лабораторний практикум.....	10
2.1 Лабораторна робота №1 Побудова графіка і визначення діапазону знаходження оптимального значення функції Y.....	10
2.2 Лабораторна робота №2 Знаходження значення (максимальне / мінімальне) функції у методом дихотомії. Визначення оптимального значення функції	14
2.3 Лабораторна робота №3 Побудова графіка функції двох змінних в даному діапазоні	19
3 Практикум з моделювання.....	21
3.1 Лабораторна робота №1 Дослідження автоматичної системи регулювання температури електропечі з використанням пакету SCILAB.....	21
3.2 Лабораторна робота № 2 Моделювання та дослідження одноконтурної системи автоматичного керування електропривода (САК ЕП) на прикладі приводу маховика кривошипного преса.....	25
3.3 Лабораторна робота № 3 Моделювання та дослідження динаміки розгону маховика приводу преса.....	27
3.4 Лабораторна робота № 4 Дослідження динамічних процесів в поршневому гідравлічному циліндрі.....	29
Список літератури.....	35

ВСТУП

Введення представлено з книги «Scilab Рішення інженерних і математичних задач», її автори: Є. Р. Алексєєв, О. В. Чеснокова, Є. А. Рудченко. Сайт книги: <http://books.altlinux.ru/altlibrary/scilab>.

Автори давно хотіли написати книгу, присвячену інженерним і науковими розрахунками за допомогою вільно розповсюджуваних програм. Ми зупинили свій вибір на вільно розповсюджуваній системі комп'ютерної математики Scilab. Scilab призначений для виконання інженерних і наукових обчислень. За своїми можливостями пакет Scilab можна порівняти з відомим математичним пакетом Mathcad, а по своєму інтерфейсу схожий на пакет MATLAB. Однак при цьому пакет Scilab - вільно поширювана програма, а значить безкоштовна для кінцевого користувача.

Існують версії Scilab для різних операційних систем: для ОС Linux, ОС сімейства Windows (в тому числі і для MS Windows Vista) і навіть для MacOS. На момент написання книги останньої була версія пакету 4.1.1. Саме на базі її та була написана книга. Останню версію пакету завжди можна скачати на офіційному сайті програми www.scilab.org. На жаль дуже мало російськомовної літератури, присвяченій Scilab. Взагалі відсутні книги російською мовою для користувачів, які починають освоювати пакет. Написана авторами книга покликана заповнити цю прогалину. Авторі рекомендують два сайти, присвячені пакету Scilab:

- сайти авторів книги <http://scilab.land.ru>, <http://teacher.dn-ua.com>, на яких можна знайти більшість матеріалів книги в форматах odt 1 і pdf.
- сайт М. І. Павлової http://www.csa.ru/~zebra/my_scilab/index.html, з якого, власне, і почалося знайомство авторів книги з пакетом.

Багато посилань на літературу на різних мовах можна знайти на сторінці офіційного сайту Scilab http://www.scilab.org/publications/index_publications.php?Page = books.html. Вхідна мова системи Scilab дозволяє не тільки використовувати вбудовані команди, а й розробляти власні візуальні додатки.

1 КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО ПАКЕТИ SCILAB

1.1 Система SCILAB

Scilab - це система комп'ютерної математики, яка призначена для виконання інженерних і наукових обчислень, таких як:

- рішення нелінійних рівнянь і систем;
- рішення задач лінійної алгебри;
- рішення задач оптимізації;
- диференціювання та інтегрування;
- обробка експериментальних даних (інтерполяція і апроксимація, метод найменших квадратів);
- рішення звичайних диференціальних рівнянь і систем.

Крім того, Scilab надає широкі можливості по створенню і редагуванню різних видів графіків і поверхонь. Незважаючи на те, що система Scilab містить достатню кількість вбудованих команд, операторів і функцій, відмінна її риса - це гнучкість.

Користувач може створити будь-яку нову команду або функцію, а потім використовувати її нарівні з вбудованими. До того ж, система має досить потужний власну мову програмування високого рівня, що говорить про можливість вирішення нових завдань.

Запуск Scilab можна здійснити по-різному в залежності від операційної системи. Але при стандартній установці ярлик програми завжди можна буде знайти в головному меню.

Робоче вікно Scilab складається з області меню і робочої області з командним рядком, що починається зі стрілки. Саме в командному рядку і відбувається рішення задач. Робота в цьому режимі полягає в наступному.

Ви набираєте команду, для її виконання натискаєте клавішу Enter і отримуєте результат. Нижче Ви побачите чергове запрошення командного рядка: система готова виконувати наступний «наказ».

Наприклад, на рис. 1.1 показано виконання команди «4*8» тобто «Чотири помножити на вісім» і її виконання після натискання клавіші Enter «ans = 32.» - «відповідь 32.". Набираєте чергову команду - Enter - отримуєте результат і так далі. Всі команди і результати, які знаходяться вище командного рядка, вже ніяк не змінити, вони доступні тільки для перегляду. Тому і область вище командного рядка називають областю перегляду.

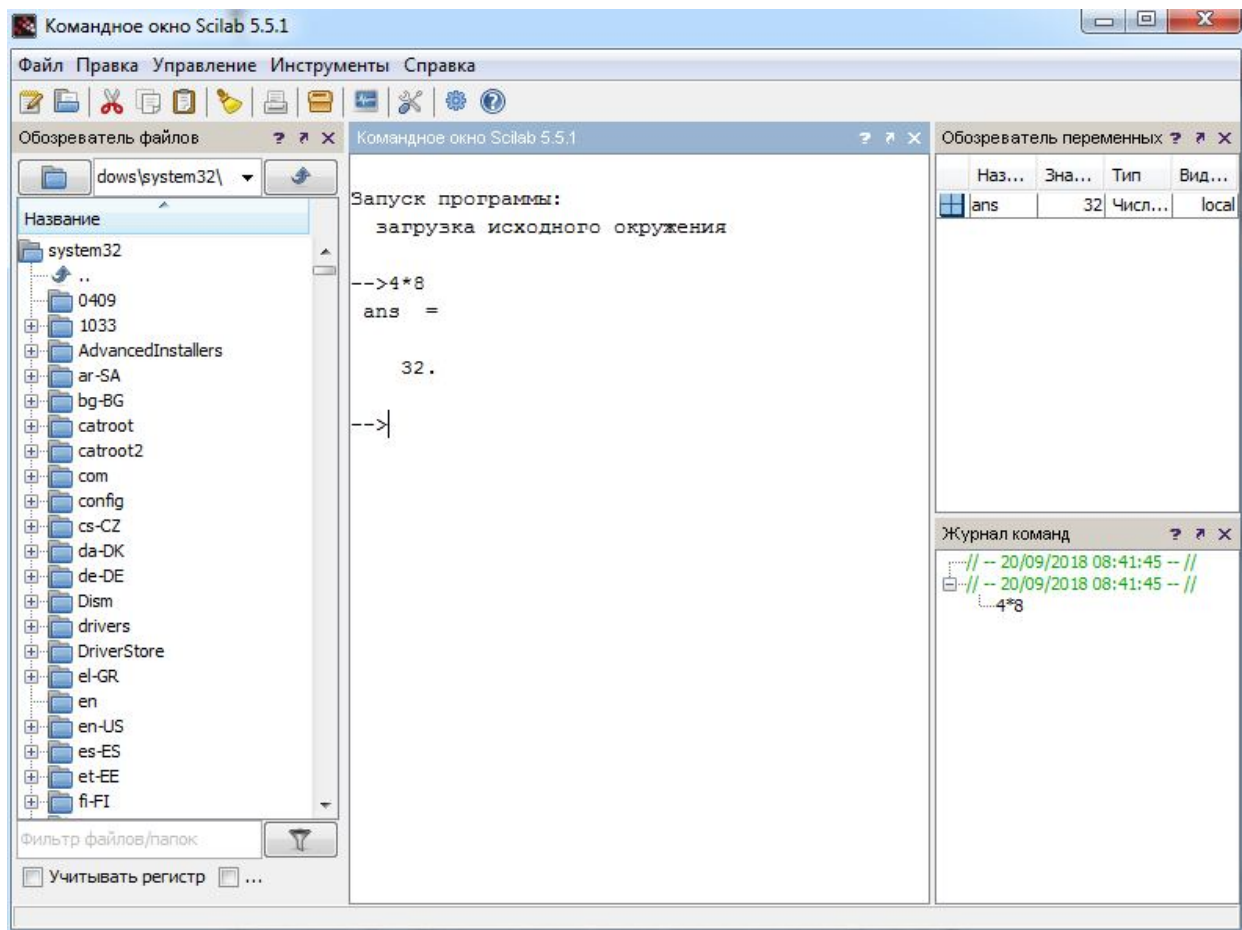


Рисунок 1.1 – Командне вікно програми Scilab.

Всі символи, що містяться в командному рядку, програма сприймає як текст команди або назва змінних, але якщо перед ними поставити подвійний слеш (//), то наступний за ним текст буде сприйнятий як коментар.

Доки натиснуто Enter, текст в командному рядку, текст можна редагувати стандартним способом. Після натискання Enter команда переміщується в область перегляду доступ до її редагування закритий. Якщо є необхідність повернутися до цієї чи іншої даної команді, то за допомогою клавіші управління курсором ↑ раніше виконані команди можуть бути повернуті в командний рядок. Після цього

їх можна редагувати і виконувати повторно. При натисканні клавіші ↓ команди з'являються в командному рядку в зворотному порядку.

1.2 Арифметичні обчислення

Для виконання найпростіших арифметичних операцій Scilab використовує такі оператори:

- + складання;
- віднімання;
- * множення;
- / ділення зліва направо;
- \ ділення справа наліво;
- ^ піднесення до степеня.

Щоб обчислити значення арифметичного виразу, необхідно ввести його в командний рядок і натиснути Enter.

При записи вираження слід пам'ятати про пріоритет виконання арифметичних операцій. У разі необхідності його зміни використовуйте круглі дужки.

1.3 Змінні

Користувач може визначити змінну, щоб використовувати її в подальших розрахунках. «Визначити змінну» означає поставити її ім'я і значення. З цією метою використовується оператор присвоювання, в загальному випадку має вигляд:

ім'я_змінної = значення_змінної

У Scilab допускається використання в імені змінної безлічі символів, однак ми рекомендуємо використовувати тільки латинські букви і цифри, причому першою повинна бути буква. У цьому випадку Ви будете гарантовані від помилок, там більше що максимальна довжина імені - 24 символи. Система розрізняє великі і малі літери в іменах змінних, тобто ABC, abc, Abc- це імена різних змінних.

Вираз у правій частині оператора присвоювання може бути числом, арифметичним виразом, символьним виразом або рядком символів. В останньому випадку вираз справа береться в лапки.

1.4 Системні змінні

Якщо користувач не поставив в командному рядку ім'я змінної, результат буде присвоєно системної змінної з ім'ям `ans` (від англ. Answer - відповідь). Змінну `ans` можна використовувати в подальших обчисленнях, але її значення буде змінюватися кожного разу після виконання команди без оператора присвоювання.

У Scilab існують інші системні змінні (правильніше - системні константи).

Їх запис починається символу%:

% i - уявна одиниця ($\sqrt{-1}$);

% pi - число $\pi = 3.141592653589793$;

% e - число $e = 2.7182818$;

% inf - машинний символ нескінченності (∞);

% NaN - невизначений результат ($0/0$, ∞ / ∞ і т. П.);

% eps - умовний нуль $\% \text{eps} = 2.220\text{E-}16$.

1.5 Елементарні математичні функції

Пакет Scilab забезпечений достатньою кількістю всіляких вбудованих функцій, знайомство з якими буде відбуватися в наступних розділах.

Тут наведемо лише елементарні математичні функції, які використовуються найчастіше (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Елементарні математичні функції

Функція	Опис функції
Тригонометричні	
$\sin(x)$	синус числа x
$\cos(x)$	косинус числа x
$\tan(x)$	тангенс числа x

cotg(x)	котангенс числа x
asin(x)	арксинус числа x
acos(x)	арккосинус числа x
atan(x)	арктангенс числа x
Експоненціальні	
exp(x)	Експонента числа x
log(x)	Натуральний логарифм числа x
Інші	
sqrt(x)	корінь квадратний з числа x
abs(x)	модуль числа x
log10(x)	десятковий логарифм від числа x
log2(x)	логарифм за основою два від числа x

2 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

2.1 Лабораторна робота №1

ПОБУДОВА ГРАФІКА І ВИЗНАЧЕННЯ ДІАПАЗОНУ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ Y

Мета роботи: Ознайомитися з графічним апаратом Scilab для побудови двовимірних графіків.

Короткі теоретичні відомості

Двовимірними будемо вважати такі графіки, в яких положення кожної точки задається двома величинами.

Функція plot

Розгляд графіків почнемо з найпростіших функцій виду $y = f(x)$, для побудови яких в Scilab існує функція **plot**. У Scilab функція **plot** призначена для побудови графіка однієї функції $y = f(x)$. Звернення до неї має вигляд:

plot(x,y,[xcap,ycap,caption])

Тут `x_масив` абсцис; `y_масив` ординат; `xcap`, `ycap`, `caption` - підписи висей X, Y і графіка відповідно.

Для побудови графіка функції необхідно відкрити новий документ. Необхідно натиснути в головному мене «Відкрити SciNotes» або New Scilab відкриває нове вікно Scilab. Появляється вікно рисунок 2.1.

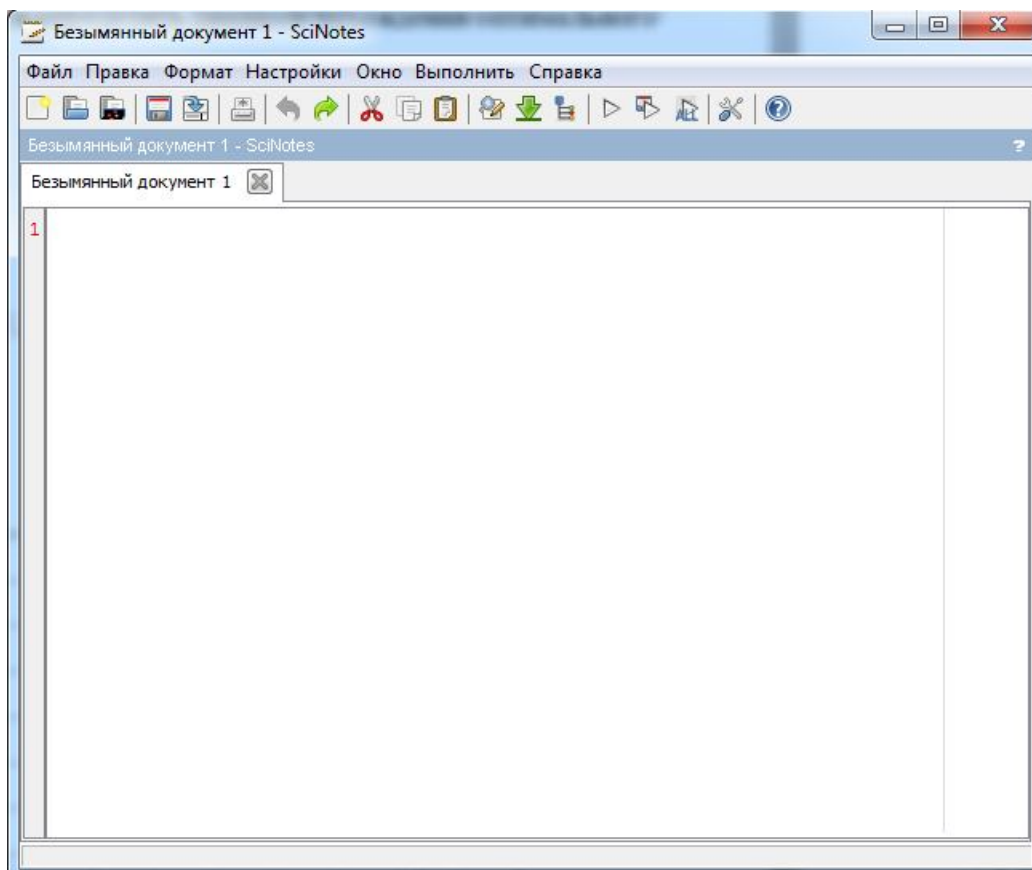
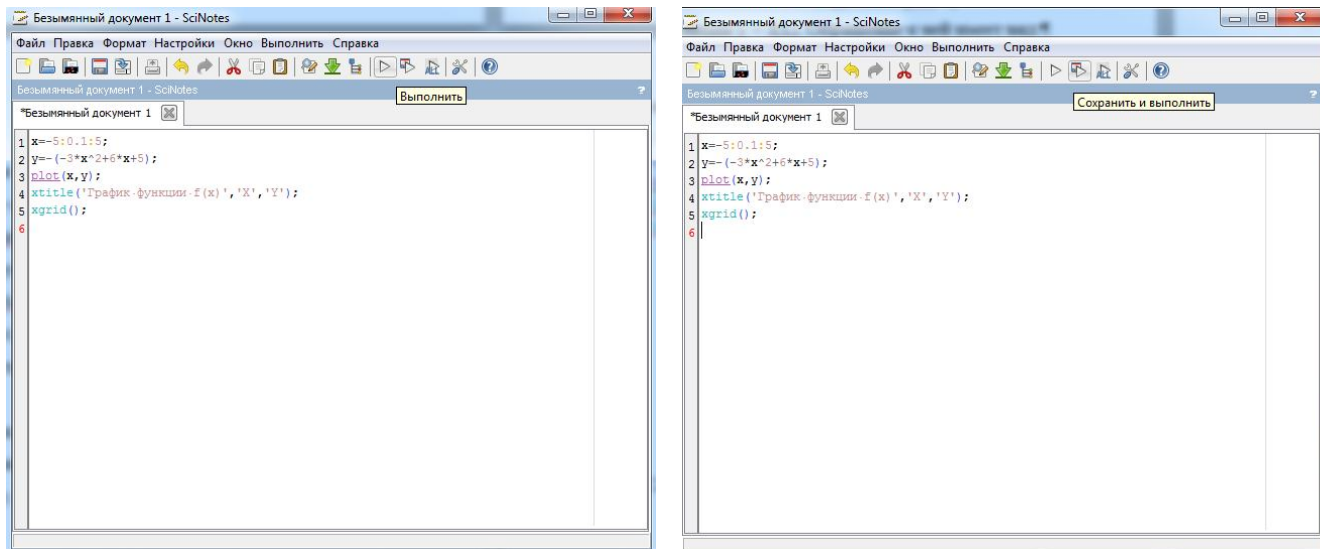


Рисунок 2.1 – Новий документ SciNotes

У цьому документі підряд вводиться лістинг програми наприклад:

```
x=-5:0.1:5;  
y=-(-3*x^2+6*x+5);  
plot(x,y);  
xtitle('График функции f(x)', 'X', 'Y');  
xgrid();
```

Далі програма запускається на виконання натисканням клавіші «плей» - «виконати» (рис. 2.2а) або клавіші «зберегти і виконати» (рис. 2.2б). Необхідно знати, що не збережені документи виконати в даній системі не можливо.



а

б

Рисунок 2.2 – Лістинг програми для побудови графіка

Після виконання програми на екрані в окремому графічному вікні можна переглянути результат побудови графіка (рисунок 2.3).

При побудові декількох графіків досить просто поставити кілька функцій **plot** в поточному сеансі, тобто не закриваючи графічного вікна. Однак в цьому випадку графіки будуть одного кольору.

Зручніше (і правильніше) використовувати звернення до функції **plot** такого вигляду:

plot (x1, y1, x2, y2, x3, y3, ...)

Тут **x1, y1** - список значень змінної і першої функції, **x2, y2** - другий, **x3, y3** - третьої і так далі. Таким чином будуються графіки практично будь-якого кількості функцій.

Вид графіка можна змінювати, додавши при зверненні до функції **plot** крім основних, ще один аргумент - рядок, що складається з трьох символів, які будуть визначати колір лінії, тип символу, яким буде намальований графік і тип лінії. Звернення до функції **plot** буде виглядати так:

plot (x1, y1, string1, x2, y2, string2, ...)

Рядок **string** виглядає наступним чином:

'параметр1параметр2параметр3'.

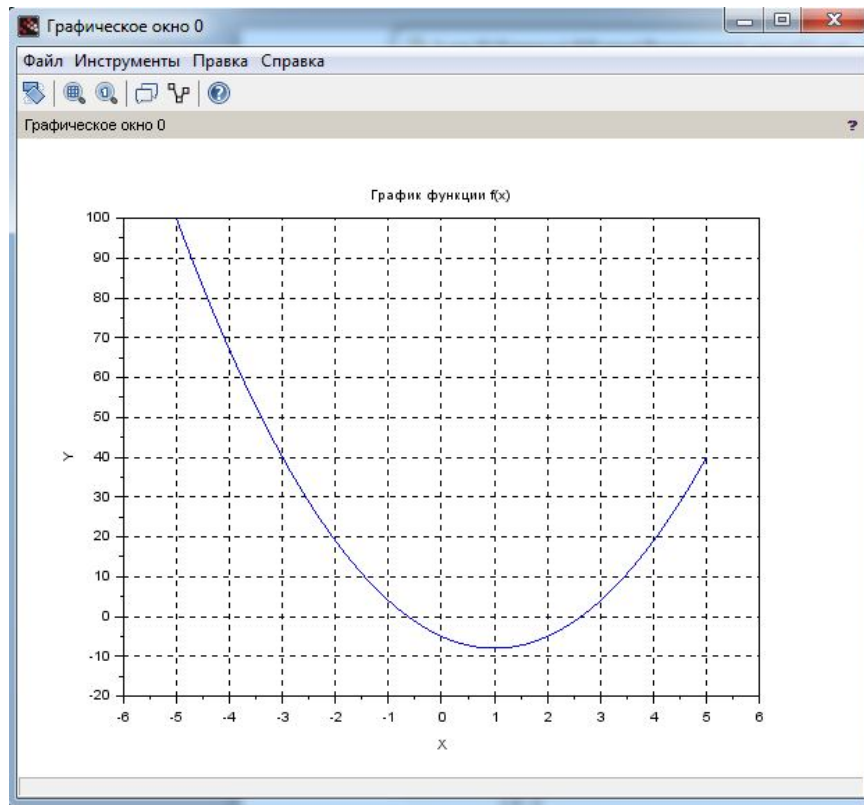


Рисунок 2.3 – Графічне вікно для побудови графіків функцій.

Параметри пишуться один за іншим без роздільників. **Параметр1** визначає колір графіка. **Параметр2** задає символ для малювання графіка. **Параметр3** встановлює тип лінії графіка.

Якщо один з символів не вказано, його значення вибирається за замовчуванням (як правило, синя суцільна лінія), при незазначеному типі символу - він буде відсутній.

Хід роботи

1. Запустити Scilab. Відкрити Новий документ SciNotes.
2. Ввести лістинг програми. Варіанти для виконання в таблиці 2.2.
3. Зберегти програму. Запустити на виконання. Отримати графік функції.

Вивчити можливість редагування графіка.4. Оформити звіт, в якому привести:

- найменування та мета роботи;
- загальні теоретичні відомості;
- отримати графіки функції;
- висновки по роботі.

Таблиця 2.2 - Варіанти завдань для лабораторних робіт №1-2

№ варіанта	a	b	c	Інтервал (x1,x2)	Значення функції
1	-2	5	9	-1 ; 4	максимальне
2	-4	8	-3	-5 ; 5	максимальне
3	-8	14	16	-10 ; 10	максимальне
4	-2	4	4	-3 ; 3	максимальне
5	-4	7	8	-5 ; 5	максимальне
6	5	6	7	-3 ; 3	мінімальне
7	3	4	2	-7 ; 14	мінімальне
8	14	17	18	-8 ; 14	мінімальне
9	7	9	12	-5 ; 5	мінімальне
10	5	8	10	-10 ; 10	мінімальне
11	1	-4	3	-5 ; 5	мінімальне
12	1	2	-8	-10 ; 10	мінімальне
13	1	-3	-2	-5 ; 5	мінімальне
14	-1	6	-8	-7 ; 14	максимальне
15	1	-2	1	-3 ; 3	мінімальне
16	-1	-2	3	-8 ; 14	максимальне
17	3	-5	-2	-1 ; 4	мінімальне
18	4	11	-3	-7 ; 14	мінімальне
19	-6	-1	1	-10 ; 10	максимальне
20	-3	6	5	-5 ; 5	максимальне

2.2 Лабораторна робота №2

ЗНАХОДЖЕННЯ ЗНАЧЕННЯ (МАКСИМАЛЬНЕ / МІНІМАЛЬНЕ) ФУНКЦІЇ У МЕТОДОМ ДИХОТОМІЇ. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ

Мета роботи: Отримати практичні навички обчислення значень функції і визначення оптимального значення з достатньою точністю з використанням пакета Scilab.

Короткі теоретичні відомості

Нехай дано функцію $f(x)$, яка є унімодальною на проміжку $[a; b]$. (рис. 2.4, 2.5). На даному проміжку необхідно знайти точку мінімуму функції $f(x)$ з заданою точністю ε . Для цього, використовуючи наступні формули, обчислюємо точки x_1 та x_2 :

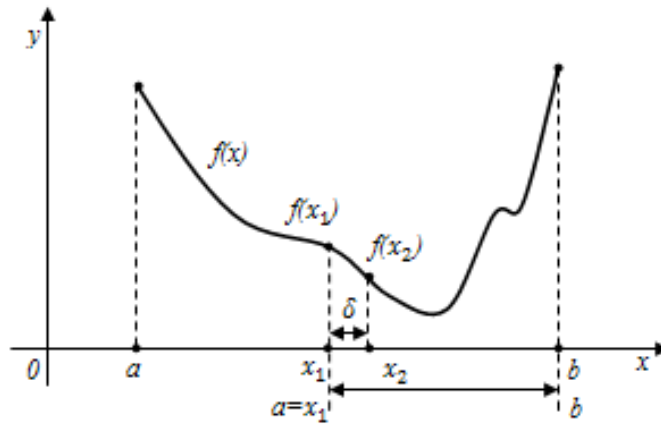


Рисунок 2.4 - Графічне представлення методу дихотомії

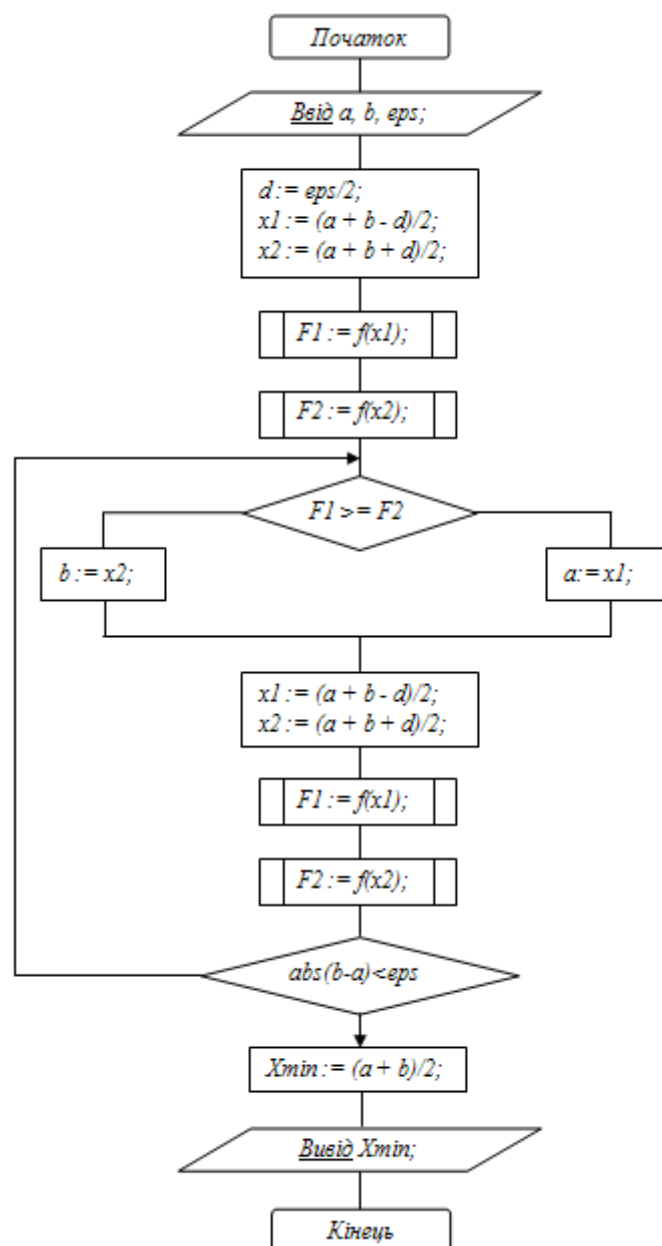


Рисунок 2.5 - Блок-схема програмної реалізації методу дихотомії:

$$x_1 = \frac{a+b-\delta}{2}; x_2 = \frac{a+b+\delta}{2}$$

де $\delta < \varepsilon$. Після чого обчислюємо значення функції в знайдених точках $f(x_1)$, $f(x_2)$ і порівнюємо їх між собою. Якщо $f(x_1) < f(x_2)$ то значення правої межі інтервалу невизначеності змістимо на значення точки x_2 , тобто $b = x_2$. В протилежному випадку, якщо $f(x_1) > f(x_2)$ то змінюємо значення лівої межі інтервалу невизначеності на значення точки x_1 ($a = x_1$).

Далі, перейшовши до наступної ітерації, знову обчислюємо точки x_1 та x_2 і таким чином визначаємо новий інтервал невизначеності. Даний про це продовжуємо до тих пір, поки довжина інтервалу невизначеності не стане меншою числа ε ($|b-a| < \varepsilon$).

Хід роботи

Найти **максимальне/мінімальне** значення функції:

$Y=ax^2+bx+c$, коефіцієнти a, b, c , інтервал (x_1, x_2) .

1. Запустити Scilab. Відкрити Новий документ SciNotes.

2. Ввести лістинг програми. Наприклад, для $y = -3x^2 + 6x + 5$, найти максимальне значення, з точністю 0,01:

```
function y=f(x)
    y=(-3*x^2+6*x+5);
endfunction
a=-5;
b=5;
e=0.01;
h=e/3;
d=b-a;
disp(" x      f(x)      d")
while d>=e
    c=(a+b)/2;
    x1=c-h;
    x2=c+h;
    if f(x1)>f(x2) then
        a=x1;
    else
        b=x2;
```



```

end
d=b-a;
disp([c,f(c),d])
end

```

Результат виконання:

x	f(x)	d
0.	- 5	5.0033333
2.4983333	- 1.2649917	2.505
1.2491667	- 7.8137479	1.2558333
0.6245833	- 7.577187	0.63125
0.936875	- 7.9880457	0.3189583
1.0930208	- 7.9740414	0.1628125
1.0149479	- 7.9993297	0.0847396
0.9759115	- 7.9982592	0.0457031
0.9954297	- 7.9999373	0.0261849
1.0051888	- 7.9999192	0.0164258
1.0003092	- 7.9999997	0.0115462
0.9978695	- 7.9999864	0.0091064

Варіанти для виконання роботи в таблиці 2.2.

3. Зберегти програму. Запустити на виконання. Отримати результат обчислень функції з достатньою точністю.

4. Знайти **оптимальне** значення функції Y (**максимальне/мінімальне**).

Для цього ввести лістинг програми, наприклад:

```

function [f, g, ind]=fi(x, ind)
//Функція f, для якій знаходиться мінімум.
f=-(-3*x^2+6*x+5)
//Функція g - похідна від функції f.
g=-(-6*x+6)
endfunction
// Начальне приближення точки мінімуму.
y0=-2;
[fmin,xmin]=optim(fi,y0);
disp([fmin,xmin])

```

Або наприклад для пізніших версій Scilab:

```

x0=[-2;2]
function y=gg(x)
y=2*x(1)^2+cos(x(2))-2;
endfunction
function [f, g, ind]=cst(x, ind)
f=gg(x);

```

```
g=numderivative(gg,x);  
endfunction  
[f,xopt]=optim(cst,x0);  
disp([xopt])
```

Результат виконання програми:

0.0000006

3.1415927

5. Оформити звіт, в якому наводиться:

- найменування та мета роботи;
- загальні теоретичні відомості;
- отримані значення функції;
- висновки по роботі.

2.3 Лабораторна робота №3

ПОБУДОВА ГРАФІКА ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ В ДАНОМУ ДІАПАЗОНІ

Мета роботи: Ознайомитися з графічним апаратом Scilab для побудови двовимірних графіків.

Короткі теоретичні відомості

Функція **surf**

Для формування прямокутної сітки з'явилася функція **meshgrid**. Звернення до неї має вигляд:

[X, Y [Z]] = meshgrid (x, y [z])

тут **(x, y [z])** - масиви вихідних параметрів X, Y (Z);

Після формування сітки вивести в неї графік можна за допомогою функції **surf** або **mesh**. Функція **surf** будує поверхню, заливаючи кожен осередок кольором, який залежить від конкретного значення функції у вузлі сітки, а **mesh** заливає її одним кольором.

Звернення до функції має вигляд:

surf ([X, Y], Z, [color, keyn = valuen])

тут **X, Y** - масиви, що задають прямокутну сітку;

Z - матриця значень функції;

color - матриця дійсних чисел, які встановлюють колір для кожного вузла сітки;

keyn=value - послідовність значень властивостей графіка **key1=value1, key2=value2, ..., keyn=value**, що визначають його зовнішній вигляд.

У самому простому випадку до функції **surf** можна звернутися так **surf (z)**.

Наприклад:

```
function y=F(x1, x2)  
    y=2*x(1)^0.33+cos(x(2))-2  
// Функція для побудови графіка.  
endfunction  
x1=linspace(-57,57,50);  
// задання діапазона по x.  
x2=linspace(-57,57,50);  
// задання діапазона по y.  
z=feval(x1,x2,F);  
// вычисление функции.  
surf(x1,x2,z)  
// построение поверхности.  
end
```

Хід роботи

1. Запустити Scilab. Відкрити Новий документ SciNotes.
2. Ввести лістинг програми. Варіанти для виконання в таблиці 2.3.
3. Зберегти програму. Запустити на виконання. Отримати графік функції.

Вивчити можливість редагування графіка.4. Оформити звіт, в якому привести:

- найменування та мета роботи;
- загальні теоретичні відомості;
 - отримати графіки функції;
- висновки по роботі.

Результат виконання прикладу:

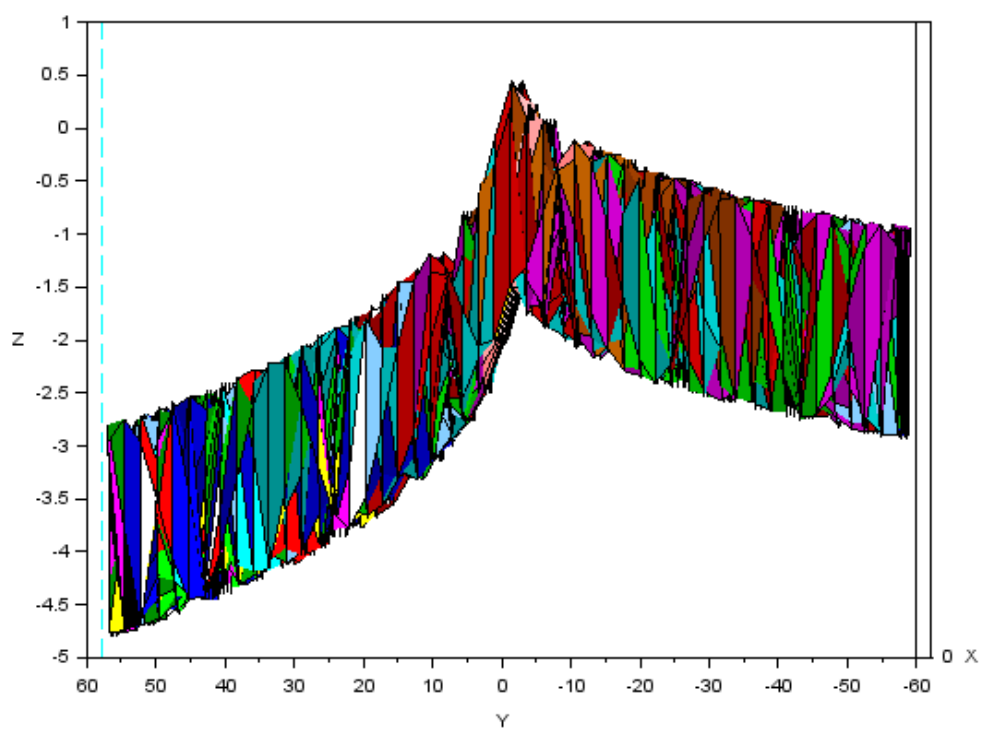


Рисунок 2.6 - Графік залежності $f(x)$ по вісі x

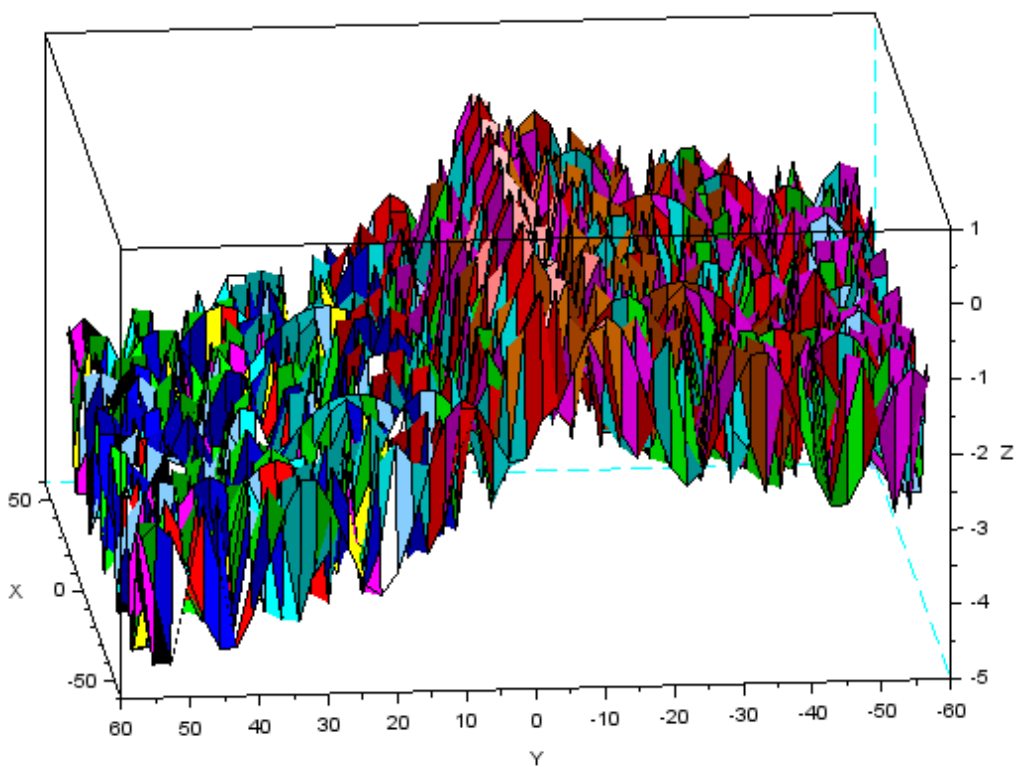


Рисунок 2.7 - Графік залежності $f(x,y,z)$

Таблиця 2.3 - Варіанти завдань для лабораторної №3

№	Функція	Інтервал функції
1	$\sin(x + 1) - y^2 = 1, 2;$	$[0; 7\pi]$
2	$2x^2 + \cos y = 2;$	$[\pi; 4\pi]$
3	$\cos(x - 1) + y^3 = 0, 5;$	$[2\pi; 8\pi]$
4	$x^4 - \cos y = 3;$	$[0; 5\pi]$
5	$\sin x + 2y^3 = 2;$	$[2\pi; 9\pi]$
6	$\cos(y - 1) + x^3 = 0, 7;$	$[0; 2\pi]$
7	$\sin(x + y) - 1, 2x^{1.3} = 0, 2;$	$[\pi; 7\pi]$
8	$2y - \cos(x + 1) = 0;$	$[0; 4\pi]$
9	$x^{1.5} + \sin y = -0, 4;$	$[\pi; 8\pi]$
10	$\cos(x + 0, 5) - y^3 = 2;$	$[0; 9\pi]$
11	$\sin y - 2x^3 = 1;$	$[0; 7\pi]$
12	$\operatorname{tg}(xy) = x^2;$	$[\pi; 4\pi]$
13	$0, 7x^2 + 2y^2 = 1;$	$[2\pi; 8\pi]$
14	$\sin(x - 1) = (1, 3 - y)^{0.33};$	$[0; 5\pi]$
15	$x^{0.25} - \sin(y + 1) = 0;$	$[2\pi; 9\pi]$
16	$\sin(y - 1) + x^{0.1} = 1, 3;$	$[0; 2\pi]$
17	$y^{0.33} - \sin(x + 1) = 0, 8;$	$[\pi; 7\pi]$
18	$\sin(y + 1) = x^{0.33} + 1;$	$[0; 4\pi]$
19	$2y^{0.25} + \cos x = 2;$	$[\pi; 8\pi]$
20	$0, 9x^2 + 2y^{0.25} = 1;$	$[0; 9\pi]$

3 ПРАКТИКУМ З МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Лабораторна робота №1

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ SCILAB

Мета роботи: вивчення способів регулювання автоматичних систем, функціональних і структурних схем і отримання навичок з управління електронної моделлю системи з метою вибору оптимального перехідного процесу; придбання навичок роботи з пакетом SciLab.

Короткі теоретичні відомості

Для відтворення процесу моделювання у пакеті SciLab необхідно у головному меню запустити команду XCos. Після її запуску появляться два вікна рисунок 3.1. Одне з яких це бібліотека блоків для моделювання, а інше середовище для моделювання.

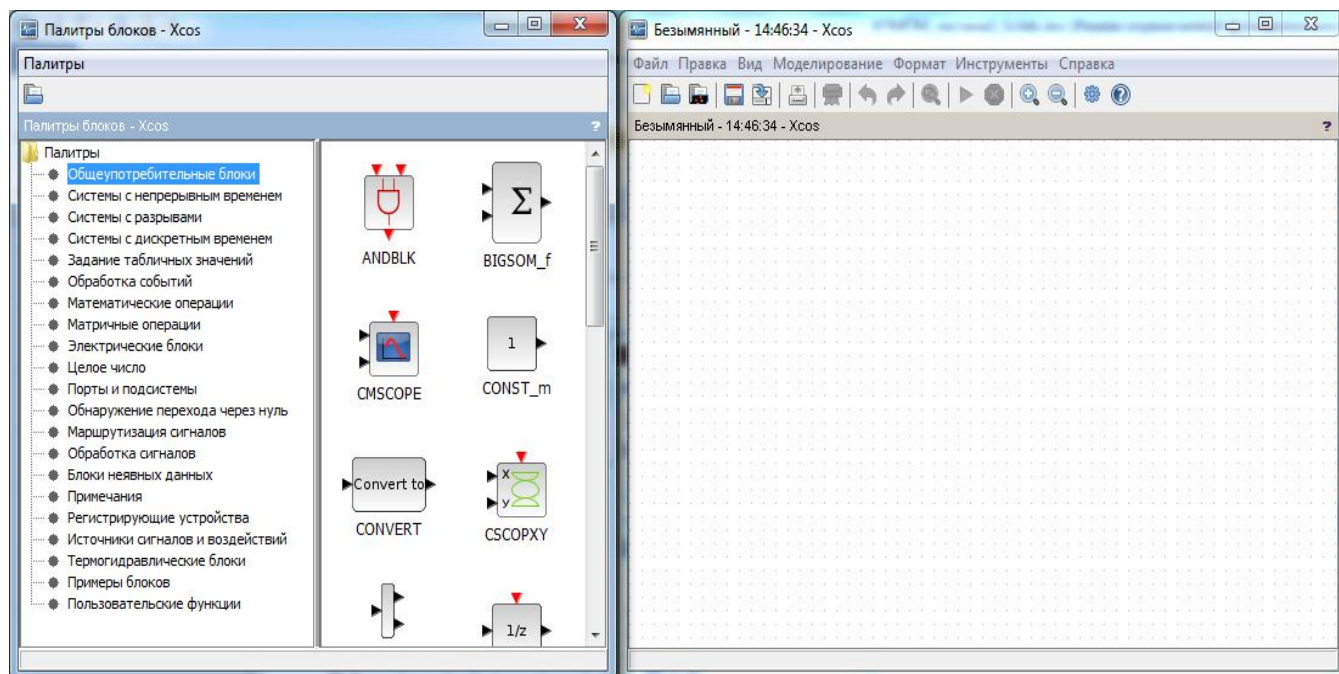
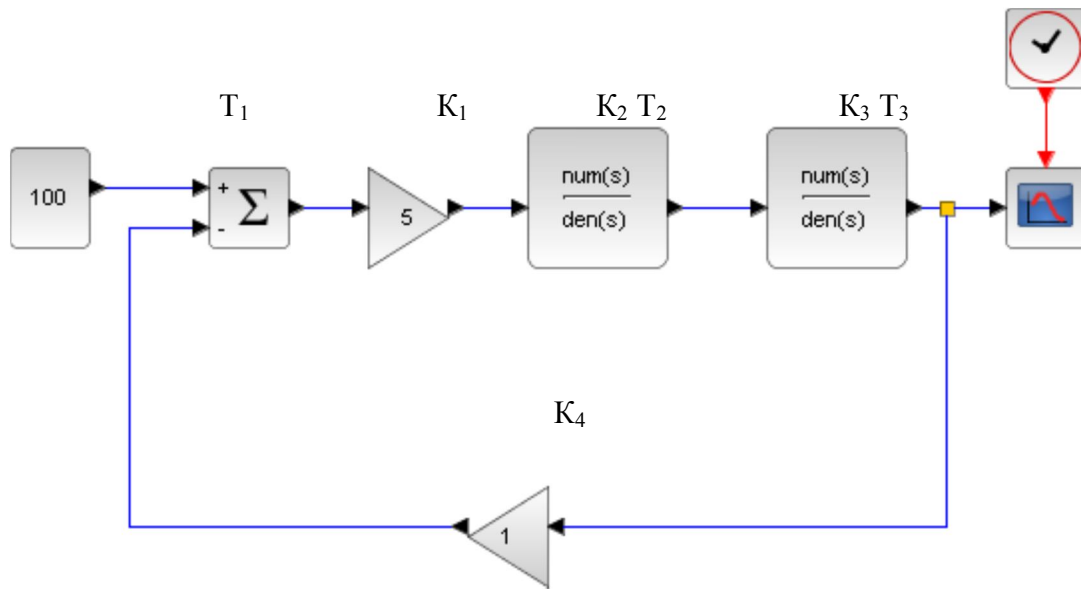


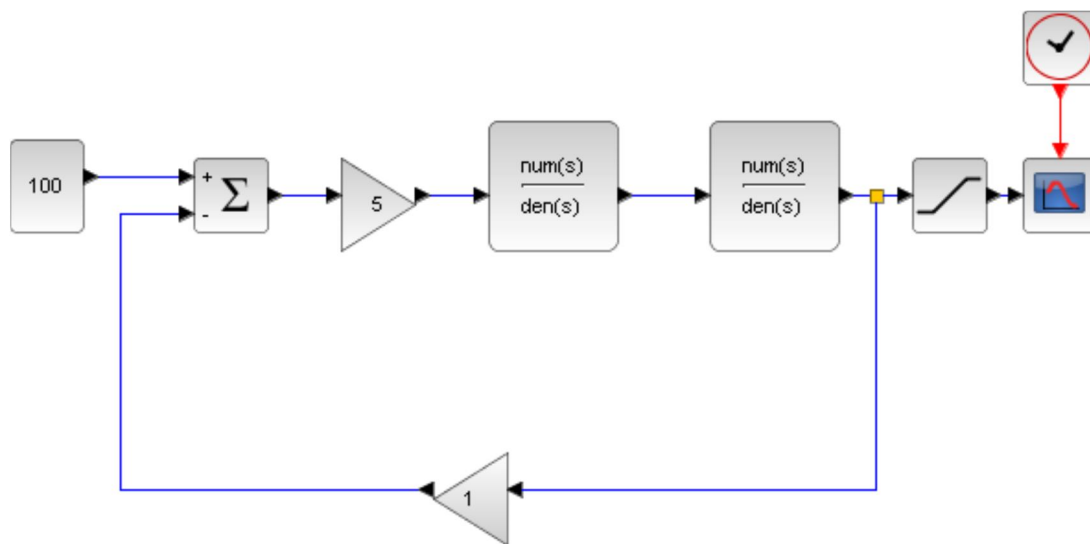
Рисунок 3.1 - Вікна процесу моделювання XCos

Хід роботи

1. Скласти функціональну схему автоматичної системи регулювання температури печі.
2. Скласти і зібрати в середовищі SciLab структурну схему автоматичної системи регулювання температури печі без елемента насичення та з елементом насичення (рис. 3.2).
3. Отримати (на елементі Score) перехідні процеси за варіантом табл. 3.1.
4. Провести аналіз графіків. По виду перехідного процесу (сталій процес (рис.3.3) і несталій процес (рис.3.4)) оцінити якість регулювання. У разі необхідності провести корекцію коефіцієнтів моделі.
5. Оформити звіт, в якому привести:
 - найменування та мета роботи;



а



б

Рисунок 3.2 - Структурна схема автоматичної системи управління для набору в середовищі SciLab а - без елемента насичення; б - з елементом насичення

- загальні теоретичні відомості;
- функціональну схему автоматичної системи регулювання температури електропечі з коротким її описом;
- структурну схему автоматичної системи регулювання температури електропечі;

- графіки сталого і несталого перехідних процесів;
- аналіз графіків і загальні висновки по роботі.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдань до лабораторної роботи №3.1

Номер вар.	Температура нагріву T_1 , $^{\circ}\text{C}$	T_2	T_3	K_1	K_2	K_3	K_4	Час нагріву
1	100	1	1,5	5	1,1	0,8	1	5
2	150	0,95	1,4	10	1,05	0,85	1	10
3	200	0,9	1,3	15	1,0	0,9	1	15
4	250	0,85	1,2	20	0,95	0,95	1	10
5	300	0,8	1,1	25	0,9	1,0	1	5
6	350	0,75	1,0	30	0,85	1,1	1,1	10
7	400	0,7	0,9	25	0,8	1,05	1,1	15
8	450	0,6	0,8	20	0,75	1,0	1,1	20
9	500	0,75	0,7	15	0,8	0,95	1,1	15
10	450	0,8	0,6	10	0,85	0,9	1,1	10

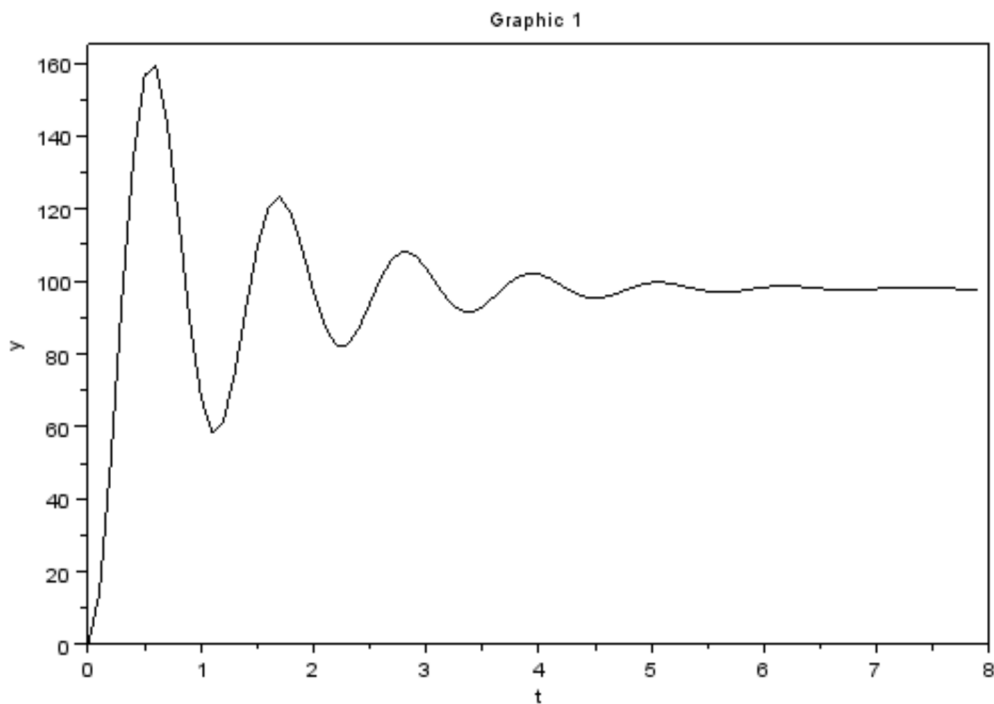


Рисунок 3.3 - Графік сталого процесу

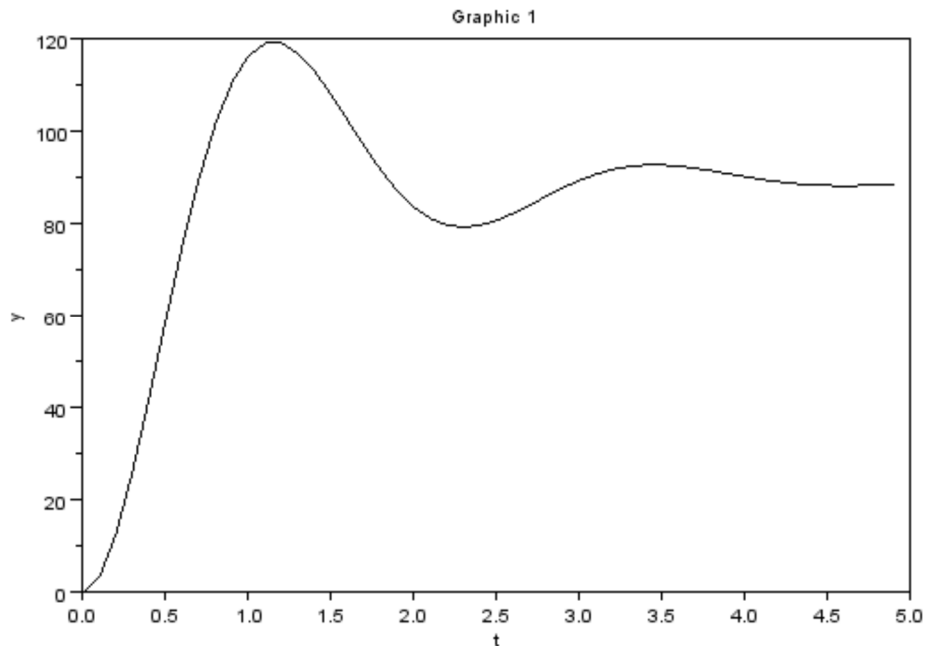


Рисунок 3.4 - Графік несталого процесу

3.2 Лабораторна робота № 2

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОКОНТУРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА (САК ЕП) НА ПРИКЛАДІ ПРИВОДУ МАХОВИКА КРИВОШИПНОГО ПРЕСА

Мета роботи: ознайомитися з особливостями одноконтурної САК ЕП. З'ясувати вплив коефіцієнтів САК на динаміку перехідних процесів. Зміцнити набуті навички роботи з пакетом SciLab.

Хід роботи

1. Відповідно до структурної схеми приводу маховика кривошипного преса зібрати модель в середовищі *SciLab* (рис.3.6).
2. Отримати (на елементі *Scope*) вихідний перехідний процес по току і швидкості при $K_1 = 10$, $K_2 = K_3 = K_4 = 1$, $T_2 = T_3 = 1$, $K_{min} = -0,3$, $K_{max} = 0,3$. У разі необхідності провести корекцію коефіцієнтів моделі. По виду перехідного процесу оцінити якість регулювання.

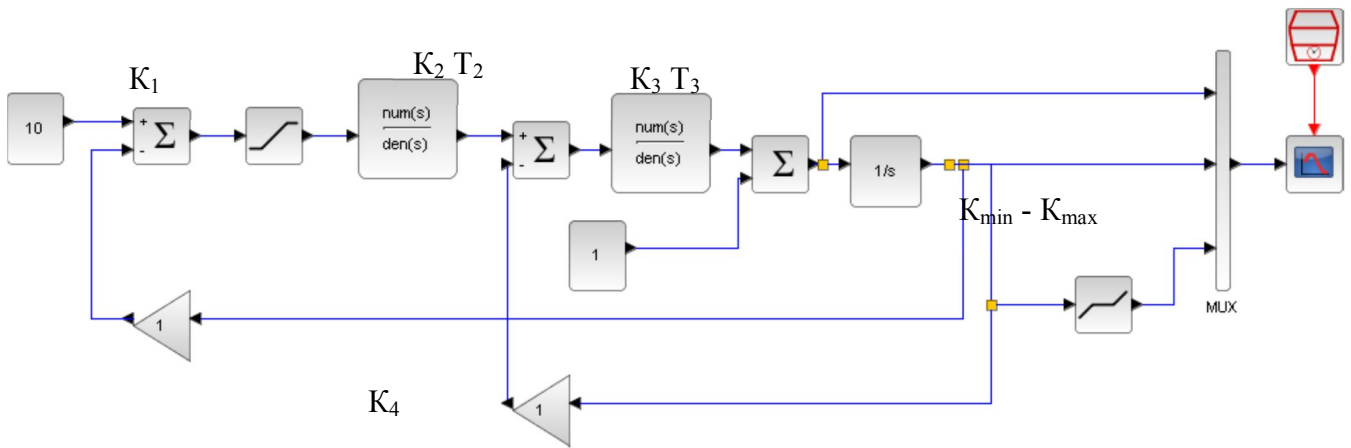


Рисунок 3.6 - Модель одноконтурної САУ приводу маховика кривошипного преса

3. Оцінити вплив на динаміку перехідного процесу зазорів в кінематичних парах шляхом зміни коефіцієнтів блоку *Dead Zone*. Привести графіки перехідних процесів (рис.3.7) для варіанту з табл.3.2.

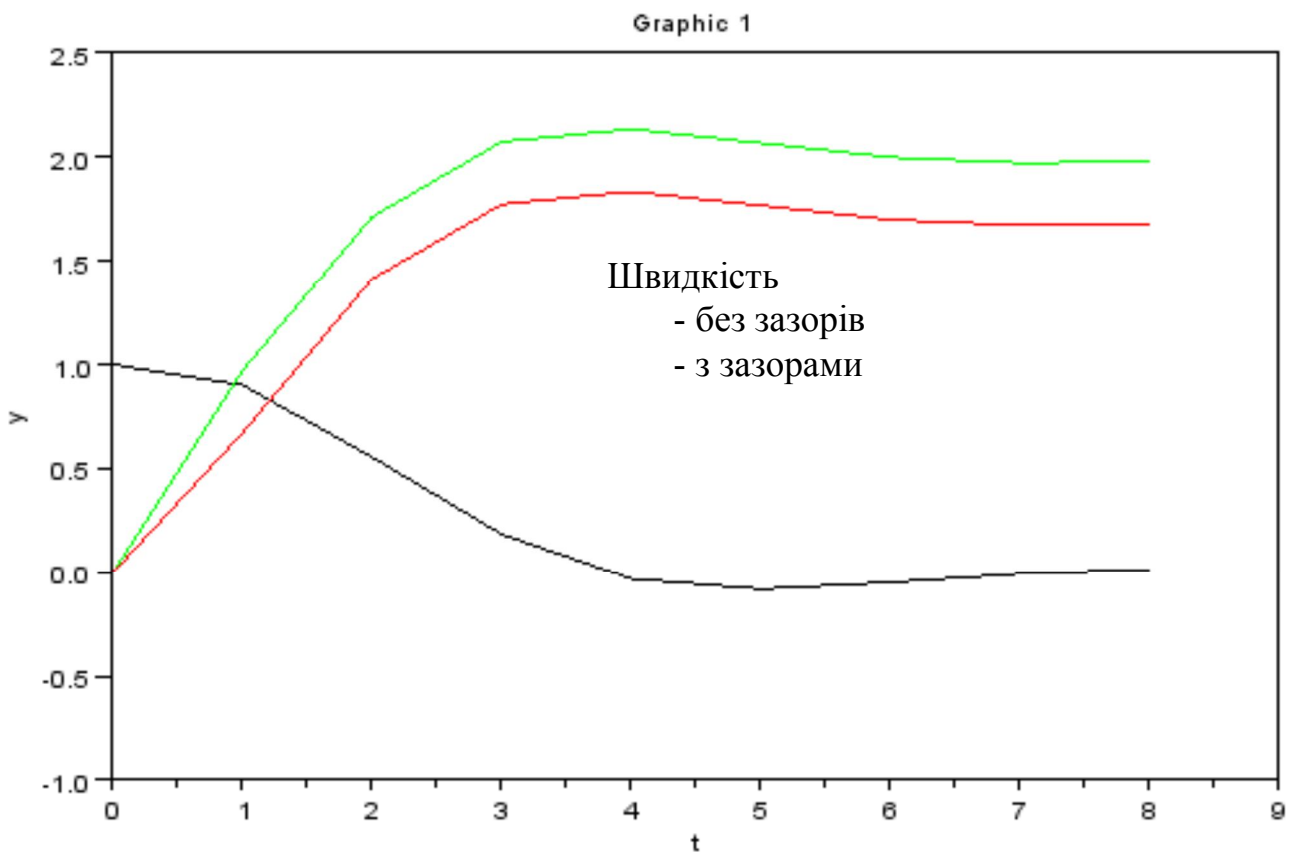


Рисунок 3.7 - Графіки перехідних процесів

Таблиця 3.2 - Варіанти завдань для лабораторної роботи №3.2

Номер варіанта	K_{\min}	K_{\max}
1, 9	- 0,1	0,1
2, 10	- 0,05	0,05
3, 11	- 0,2	0,2
4, 12	- 0,5	0,5
5, 13	- 0,7	0,7
6, 14	- 1,0	1,0
7, 15	- 0,6	0,6
8	0	3

4. Зробити висновки про вплив зазорів на якість перехідних процесів.

5. Оформити звіт про лабораторну роботу. Звіт повинен містити:

- найменування та мета роботи;
- схему одноконтурной САУ приводу маховика кривошипного преса;
- представити графіки, отримані при виконанні п.3, і їх аналіз;
- висновки по роботі.

3.3 Лабораторна робота № 3

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗГОНУ МАХОВИКА ПРИВОДУ ПРЕСА

Мета роботи: дослідити динамічні процеси в одноконтурной системі приводу маховика кривошипного преса. Виявити вплив навантаження на динаміку перехідних процесів і якість регулювання.

Хід роботи

1. Використовуючи модель одноконтурной системи приводу маховика кривошипного преса (див. рис.3.6), розбудовуємо її шляхом доповнення блоків Gain 3, Step 1-3 і видалення блоку Dead Zone в модель, представлену на рис.3.8.

2. Отримати (на елементі Scope) перехідний процес, представлений на рисунку 2.10, при $K_1 = 10$; $K_2 = 20$; $K_3 = K_4 = K_5 = 1$; $K_6 = 0,6$; $K_7 = 0,01$; $T_3 = 0,1$; $T_4 = 1$;

$t = 30$; $V_i = 1$; $V_f = -2$; $t_1 = 50$; $V_{i1} = -2$; $V_{f1} = 1$; $t_2 = 70$; $V_{i2} = 1$; $V_{f2} = -10$.

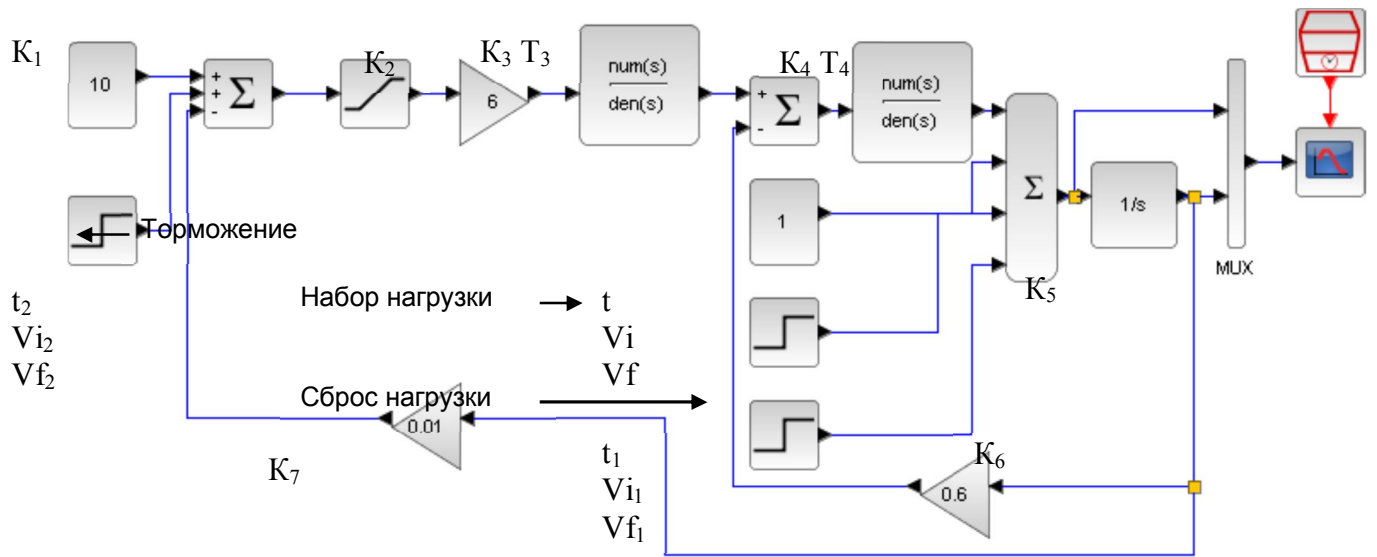


Рисунок 3.8 – Модель привода маховика кривошипного преса для моделювання динамічних процесів

Загальний час імітації 100 с. В разі потреби провести корекцію коефіцієнтів моделі.

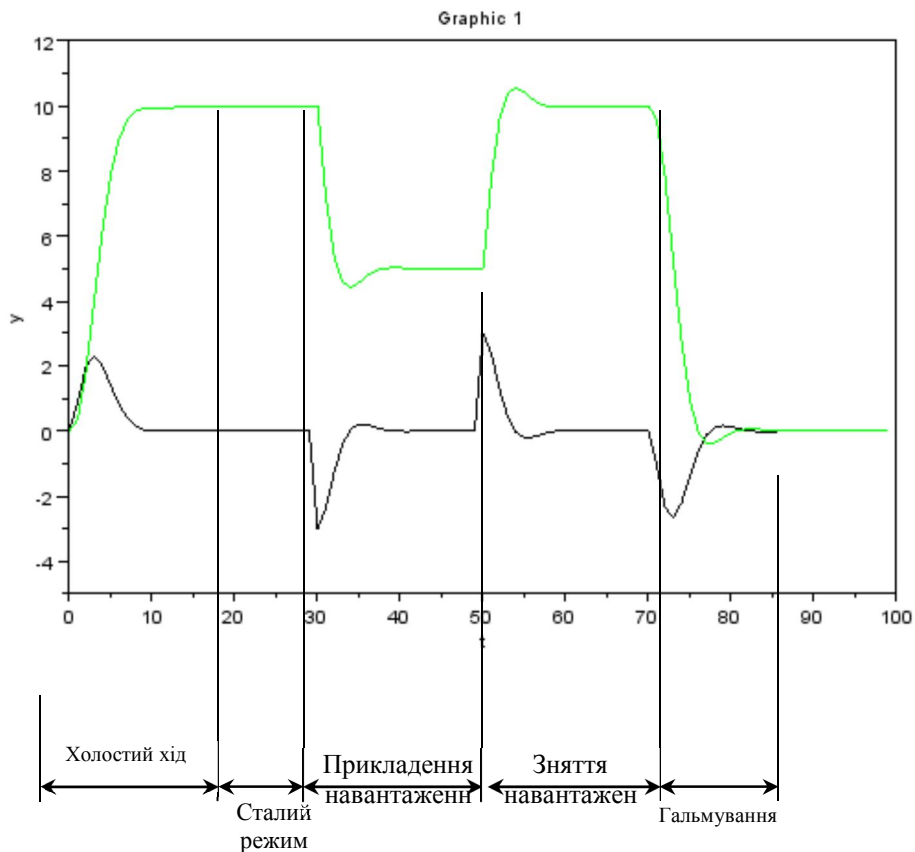


Рисунок 3.9 – Графіки перехідних процесів

3. По виду перехідного процесу оцінити якість регулювання. Привести графіки перехідних процесів для варіанта з таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Варіанти для виконання лабораторної роботи №3.3

Варіант №	Параметр системи	Величина
1	$K_2 \uparrow$	40
2	$K_3 \uparrow$	1,5
3	$K_4 \uparrow$	5
4	$K_5 \uparrow$	5
5	$K_6 \uparrow$	0,3
6	$K_7 \uparrow$	0,001
7	$T_3 \uparrow$	1
8	$T_4 \uparrow$	0,1
9	$K_2 \downarrow$	10
10	$K_3 \downarrow$	0,7

4. Оцінити вплив на динаміку перехідного процесу коефіцієнтів системи.

5. Оформити звіт про лабораторну роботу. Звіт повинен містити:

- найменування та мету роботи;
- схему приводу маховика кривошипного преса для моделювання динамічних процесів;
- графіки, отримані при виконанні п. 3 і 4 і їх аналіз;
- висновки по роботі.

3.4 Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПОРШНЕВОМУ ГІДРАВЛІЧНОМУ ЦИЛІНДРІ

Мета роботи: набути навичок роботи в SimulationX, описати динаміку роботи готової схеми поршневого гідроциліндра.

Короткі теоретичні відомості

SimulationX [1] - це міждисциплінарний програмний комплекс (CAE-Software) для моделювання фізико-технічних об'єктів і систем, який розроблений і продається на комерційній основі фірмою ESI ITI GmbH.

Вчені й інженери, що працюють в промисловості і сфері освіти, використовують цей інструмент для розробки, моделювання, симуляції, аналізу та віртуального тестування складних мехатронних систем

На єдиній платформі програма моделює поведінку і взаємодію різних фізичних об'єктів механіки, приводної техніки, електричних, гідравлічних, пневматичних і термодинамічних систем, а також магнетизму і аналогових і цифрових систем управління.

В рамках академічної освіти: SimulationX підтримує дослідницькі проекти і легко інтегрується в ваш освітній процес. Завдяки перевіреному симуляційні програмного забезпечення ESI ITI ви зможете підвищити якість своїх семінарів і ваших досліджень, одночасно готуючи своїх студентів до майбутніх робіт.

Студенти поступово вчаться розробляти власні імітаційні моделі. За допомогою мови моделювання Modelica® вони можуть розробляти нові елементи бібліотеки і розширювати існуючі. Повна документація описує поведінку для кожного елемента бібліотеки. Середовище моделювання включає в себе методи аналізу, які допомагають отримати достовірні результати і правильні інтерпретації. ESI ITI підтримує викладачів і викладачів з впровадженням програмного забезпечення в свої лекції і семінари, а також допомагає в технічних питаннях.

Всі переваги SimulationX для університетів. SimulationX - це сучасне програмне забезпечення для моделювання та моделювання, яке використовується відомими компаніями по всьому світу і тому добре підходить для освітніх цілей. Уявляйте своїх учнів крок за кроком в світ моделювання і моделювання системи: з майже 300 зразковими моделями з усіх фізичних областей вашим учням буде легко зрозуміти фізичні кореляції. Велика кількість готових до використання елементів моделі забезпечує швидкий початок моделювання.

- Простота і зручність у використанні завдяки перетягування
- Відкрита і гнучка з Modelica®

- Зрозумілі підходи до розрахунків за допомогою комплексної документації
- Численні методи аналізу для лінійних і нелінійних систем
- Невеликі зусилля по створенню навчального матеріалу
- Зв'язок між іншими методами моделювання та аналізу (наприклад, CAD, FEM, CFD) і існуючою інфраструктурою
- Зручний обмін моделлю і спільне моделювання через FMI і експорт коду
- Інтеграція зовнішніх баз даних
- Широкий спектр інтерфейсів з
- Посилення навчальних ефектів учнів за допомогою доступу до програмного забезпечення і підтримки

Обробка результатів

Модель показує простий контрольований гідроциліндр зі зворотним зв'язком (рис. 3.10). Елемент Mass1 представляє поршень і також навантажувальну масу. Силевий елемент Source1 враховує силу тяжіння на Mass1. Елемент Curve визначає величину тиску для ходу поршня і також виводить графіки.

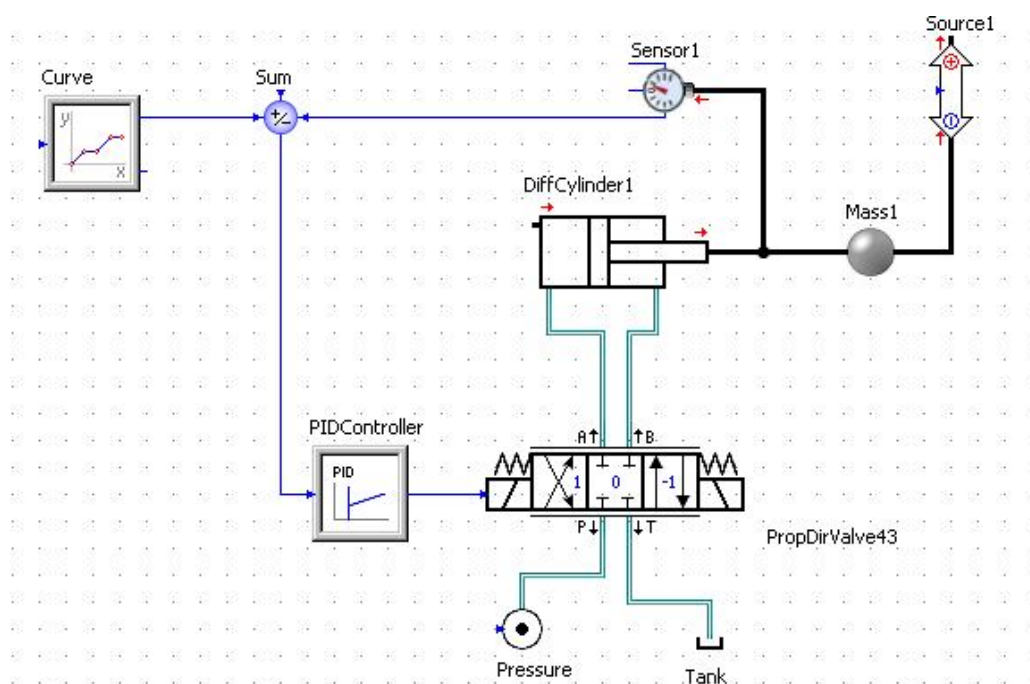


Рисунок 3.10 – Модель поршневого гідроциліндра

Також в системі присутній Sensor1 реєструючий хід поршня, PIDControler для управління електромагнітним розподільним клапаном PropDirValve43, насос гідравлічний в 10МПа Pressure і бак Tank. Кожному параметру задаються певні початкові величини або закони зміни характерних величин і їх опис. Весь процес моделюється протягом 10с, характерні графіки представлені на рис. 3.11-16.

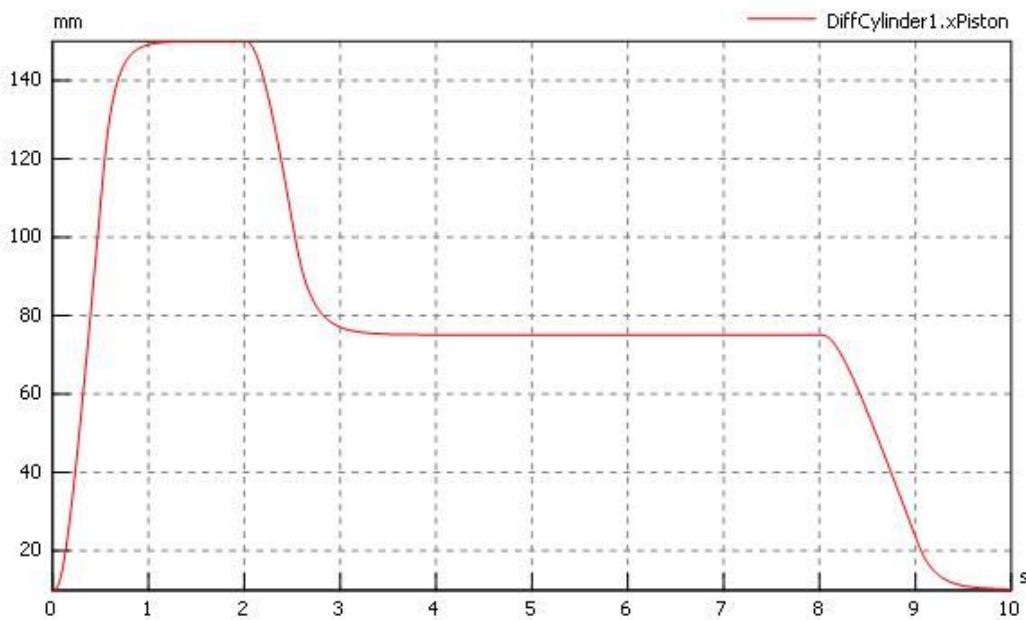


Рисунок 3.11 – Графік переміщення поршня від часу

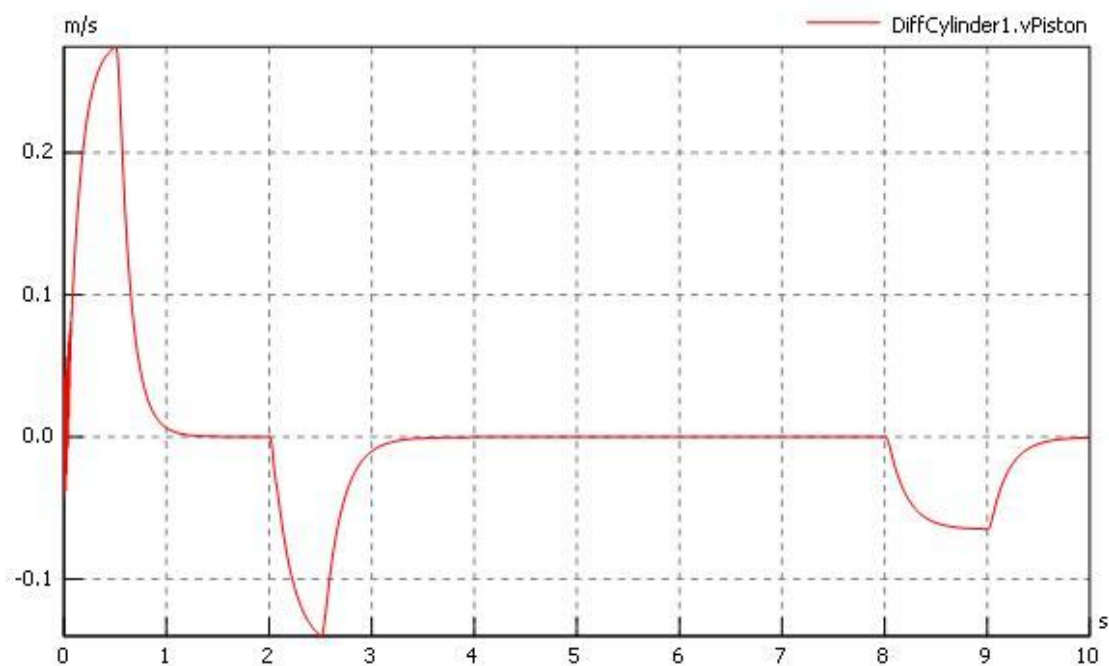


Рисунок 3.12 – Графік швидкості поршня від часу

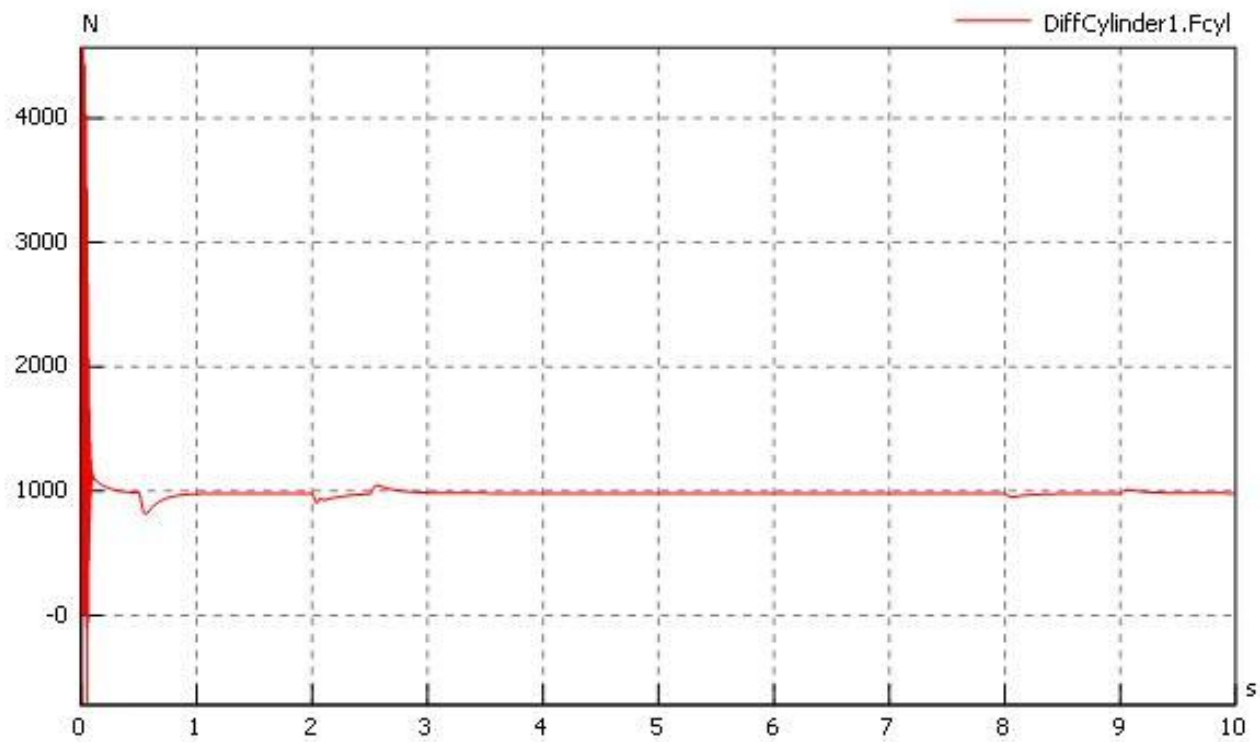


Рисунок 3.13 – Графік залежності сили поршня від часу

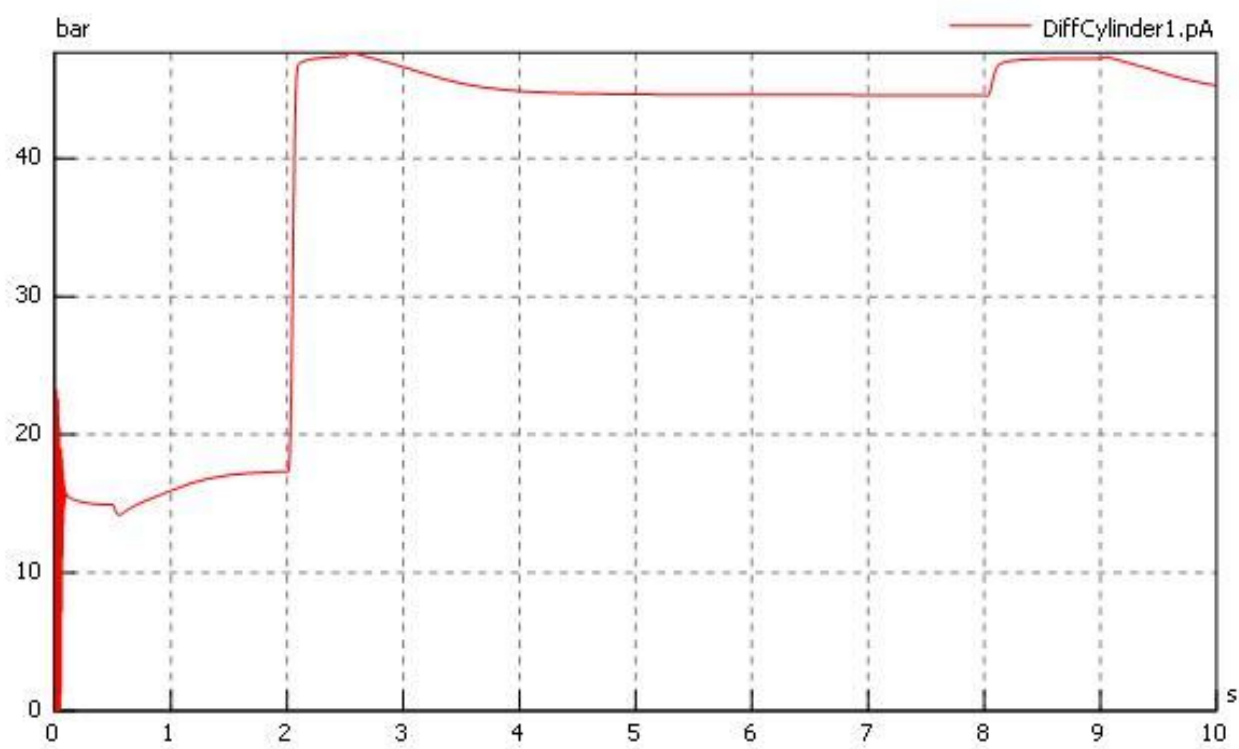


Рисунок 3.14 – Графік залежності тиску в циліндрі при прямім ході поршня

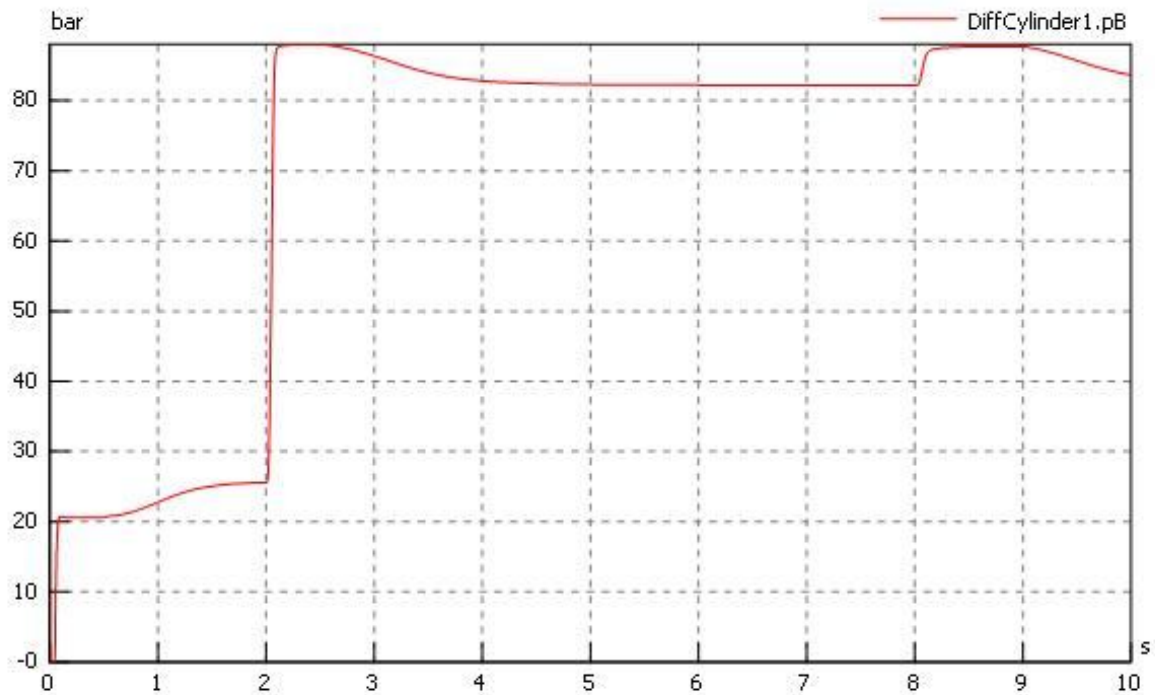


Рисунок 3.15 – Графік залежності тиску в циліндрі на зворотному ході

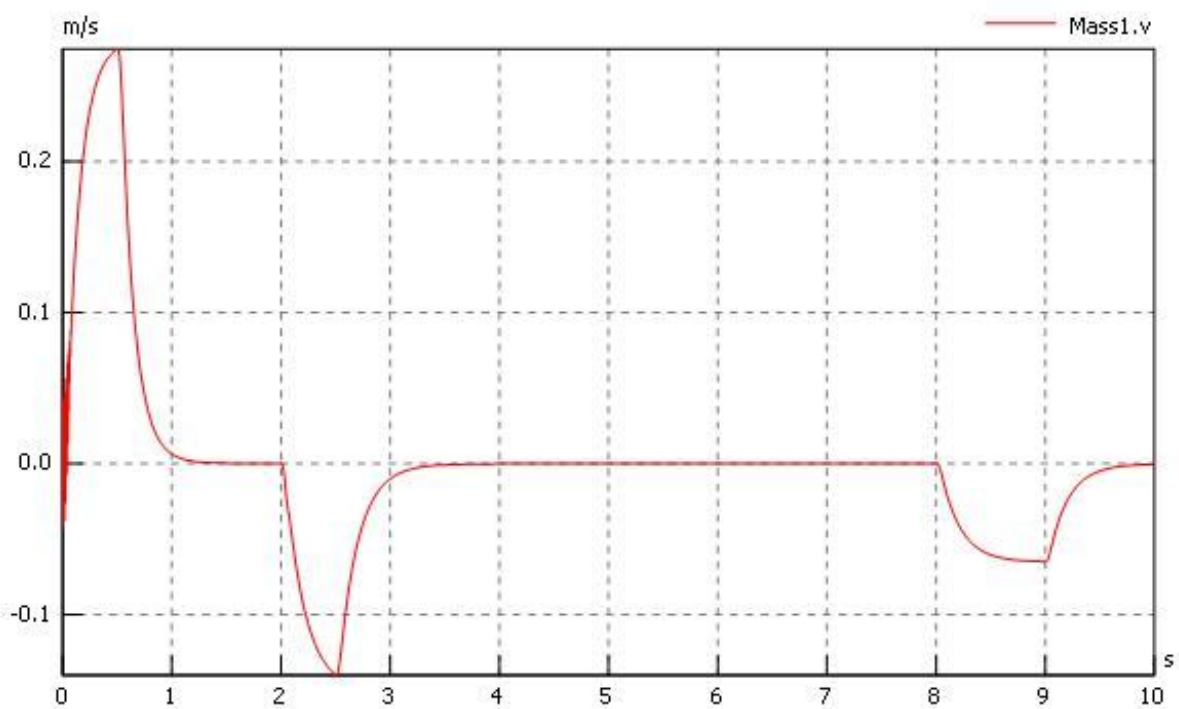


Рисунок 3.16 – Графік залежності швидкості поршня

Висновки: в ході роботи були отримані навички роботи с SimulationX, розглянута модель поршневого гідروциліндра, вивчена структура його моделі, його динаміка, побудовані основні графічні залежності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вержбицкий В. М. Основы численных методов. М.: Высшая школа, 2002. 840 с.
2. **Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л.**, Элементы математического моделирования в программных средах Matlab 5 и Scilab: учебное пособие. СПб.: Наука, 2001.
3. Андриевский А.Б., Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л., Использование системы Scilab : практическое пособие. Санкт-Петербург: БГТУ, 2010.4. www.freefem.org // Freefem++ Home Page (March 2015)
4. Nikoukhah R., Steer S. Scicos – A Dynamic System Builder and Simulator. User's Guide. Rocquencourt, France: INRIA, 1998. [Online]. Available: <http://www.scicos.org/>
5. Introduction to Scilab. Consortium sCilab. Rocquencourt, France. 2010. [Online]. Available: <http://www.scilab.org/resources/documentation/tutorials>
6. Bunks C., Chancelier J.-P., Delebecque F., et. al. Engineering and Scientific Computing with Scilab, C. Gomez, Ed. Boston, Basel, Berlin: Birkhauser, 1998.
7. **Алексеев Е. Р.** Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е.Р. Алексеев, О.В.Чеснокова, Е. А.Рудченко. М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 260 с. : ил. ; 8 с. цв. вклейки.(Библиотека ALT Linux). ISBN 978-5-94774-890-1
8. **Андриевский А.Б.** Решение инженерных задач в среде Scilab. / Андриевский А.Б., Андриевский Б.Р., Капитонов А.А., Фрадков А.Л. Учебное пособие.— СПб.: НИУ ИТМО, 2013. — 97 с.
9. Nikoukhah R., Delebecquey F., Ghaouiz L. El. LMITOOL: a Package for LMI Optimization in Scilab. User's Guide. Rocquencourt, France: INRIA, 1998. [Online]. Available: <http://www.scilab.org/doc/lmidoc/lmi.pdf>
10. <https://www.simulationx.com/simulation-software/universities.html>
SimulationX: Simulation Software for Universities | ESI ITI

**Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна
академія**

**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ДИЗАЙН І МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
І МАШИН
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВСІХ ВИДІВ РОБІТ
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
І ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ І МАШИН
/Частина 3 SCILAB /**

(Для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка»
Спеціалізація: Комп'ютерне моделювання та проектування процесів і машин)

Краматорськ 2019