

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.09-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/2/152.00.1М/ОК8-
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 104

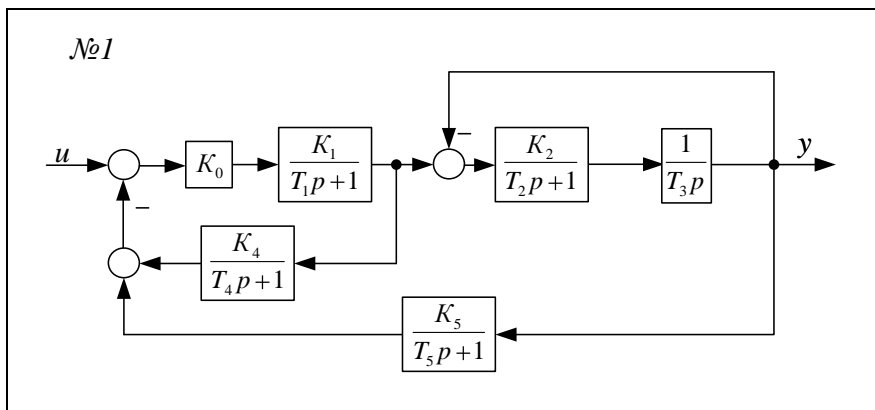
## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8

### ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОТОЧНИХ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

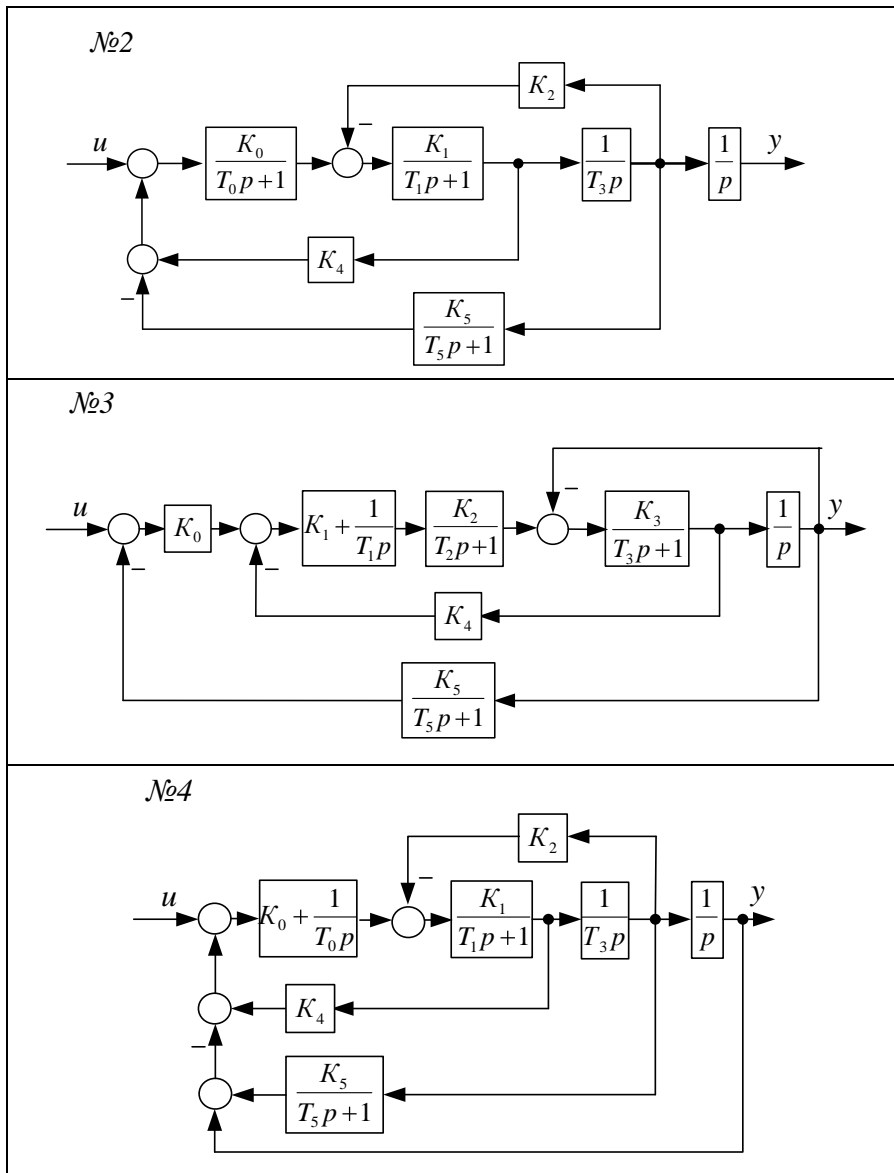
#### 8.1. План проведення практичного заняття

1. Згідно свого варіанту обрати структурну схему системи автоматичного управління (табл.8.1) та параметри цієї схеми (табл.8.2).
2. Зробити розрахунок фільтра Калмана.
3. Виконати моделювання системи управління зі спостерігачем.
4. Побудувати графіки вимірюного і точного вихідних сигналів координат ОУ та зашумленого і оціненого значення виходу системи.
5. Порівняти графіки та зробити висновки.

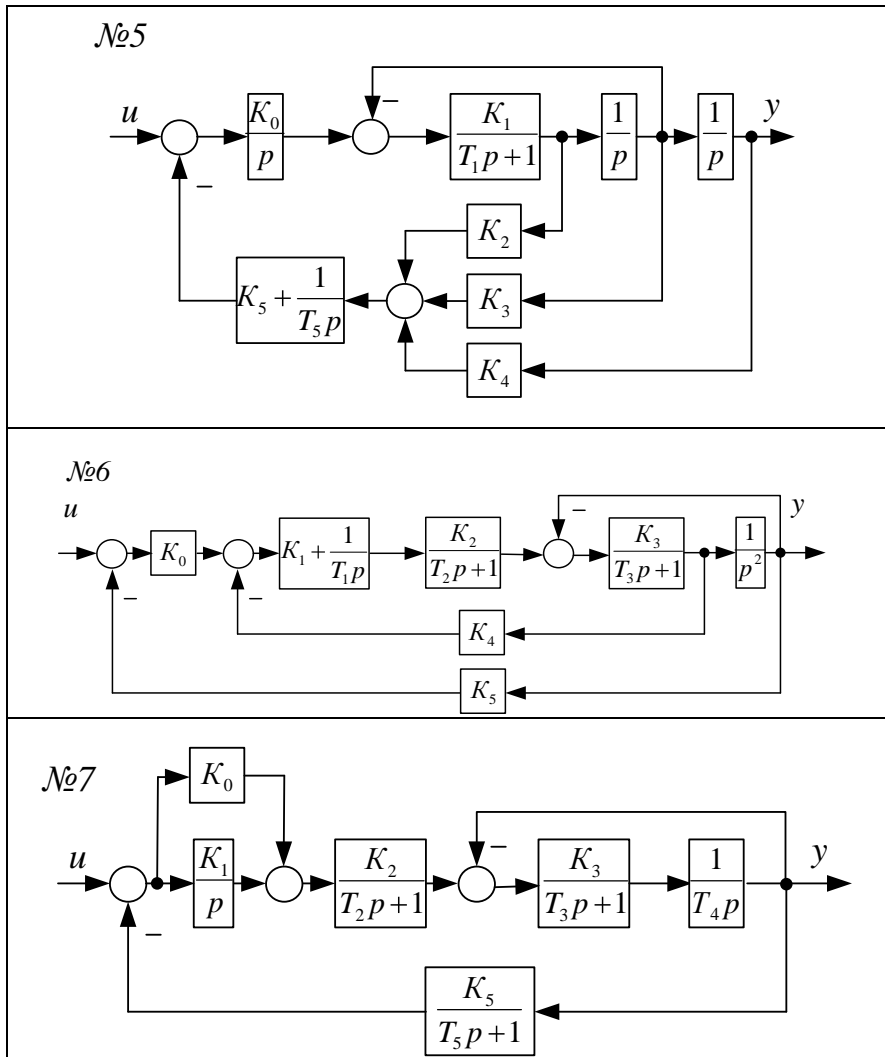
Табл.8.1



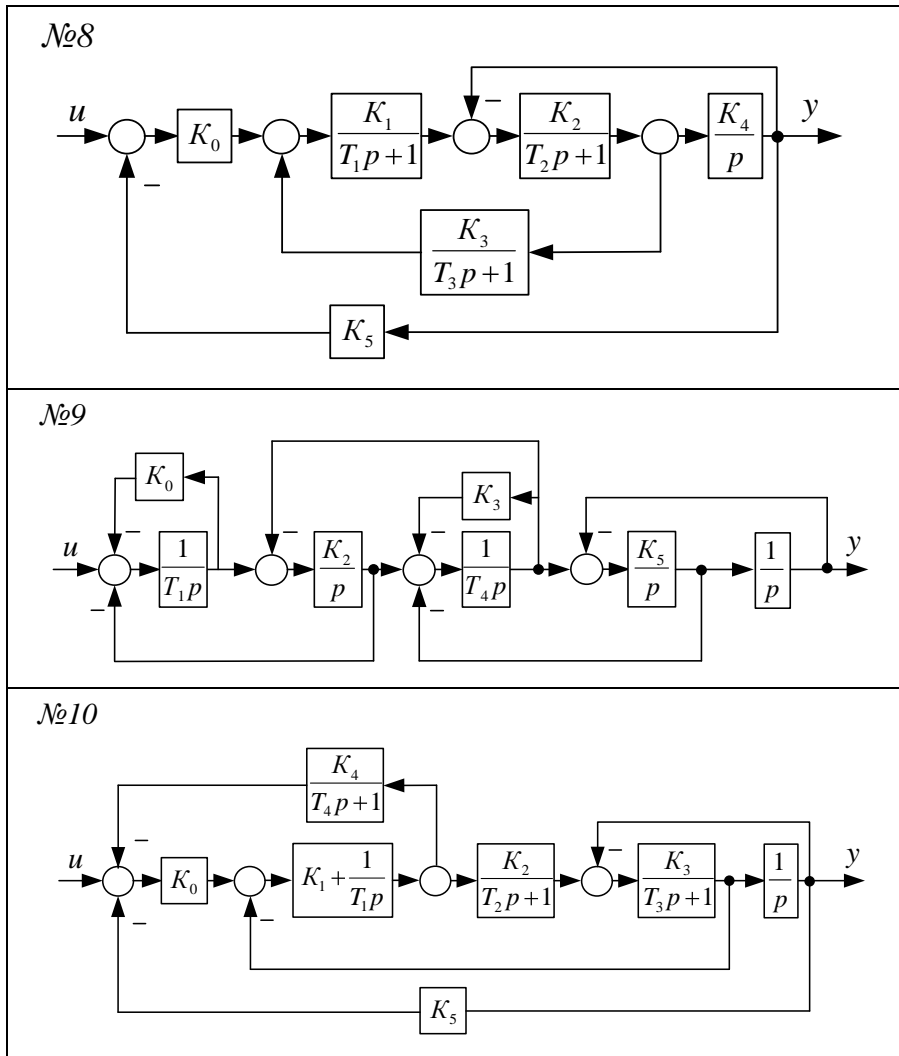
Продовження табл.8.1



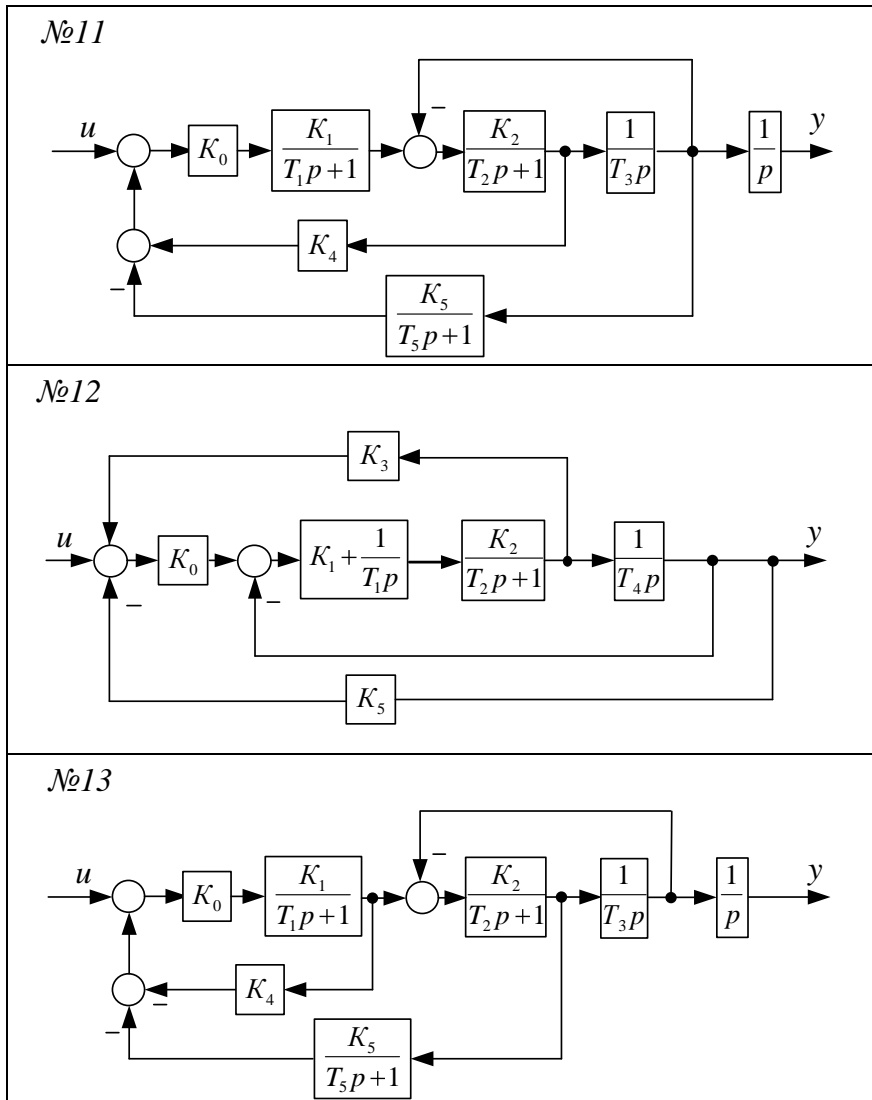
Продовження табл.8.1



Продовження табл.8.1



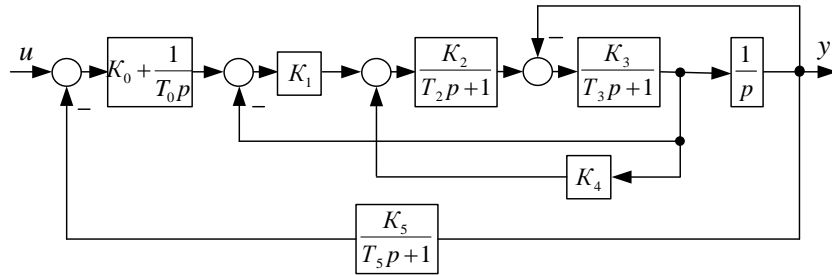
Продовження табл.8.1



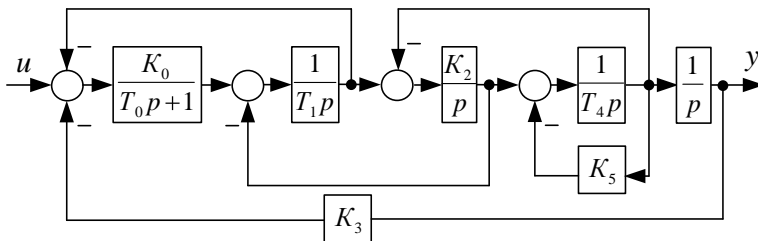
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 109

Продовження табл.8.1

№14



№15



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015										Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020	
	Екземпляр № 1										Арк 115 / 110	

Табл.8.2

Варі- ант	№ схе- ми	Параметри ланок структурної схеми											
		K <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>
1	15	7.3	0.2	-	0.2	4.0	-	0.5	-	-	0.2	0.7	-
2	13	5.0	-	1.0	0.2	4.1	0.8	-	0.3	0.2	-	0.1	0.2
3	11	0.4	-	0.4	1.0	2.2	0.6	-	2.3	0.1	-	2.0	0.1
4	9	0.5	-	-	0.4	2.5	-	1.5	-	-	0.5	5.7	-
5	7	1.4	-	1.0	-	8.7	0.1	0.7	0.2	-	2.5	0.5	0.1
6	5	0.3	-	7.7	0.3	3.6	-	1.5	-	8.1	-	9.0	0.8
7	3	4.8	-	2.5	0.1	0.5	0.2	0.6	0.1	1.5	-	1.5	0.2
8	1	10	-	7.1	0.5	5.0	0.1	-	2.0	0.5	0.2	0.3	0.1
9	2	2.1	0.5	1.5	0.3	0.8	-	1.0	1.0	0.1	-	0.5	0.1
10	4	3.8	0.2	7.7	1.3	70	-	-	0.4	1.2	-	2.0	0.3
11	6	0.1	-	9.5	0.2	2.5	0.5	0.8	0.3	0.1	-	0.3	-
12	8	1.2	0.1	9.5	0.5	1.0	0.1	0.5	0.1	2	-	0.1	-
13	10	2.7	-	3.5	1.0	2.7	1.3	4.8	0.7	0.3	1.5	0.5	-
14	12	5.2	-	0.7	1.0	5.3	0.7	0.1	-	-	2.5	0.1	-
15	14	1.1	3.0	0.9	-	3.5	0.2	1.2	0.7	0.1	-	3.6	0.1
16	15	2.1	0.3	-	0.6	8.5	-	1.7	-	-	0.4	0.1	-
17	13	2.7	-	1.5	1.7	8.3	2.9	-	0.7	0.5	-	0.2	0.1
18	11	0.7	-	0.3	0.4	1.6	1.2	-	0.4	0.2	-	2.6	0.1
19	9	0.2	-	-	0.6	7.5	-	0.6	-	-	0.8	0.9	-
20	7	7.5	-	1.0	-	3.2	0.2	9.5	0.1	-	0.5	8.2	0.2
21	5	0.1	-	2.1	0.5	5.1	-	7.5	-	3.9	-	5.0	0.6
22	3	1.8	-	8.5	0.5	1.5	0.3	0.5	0.5	5.0	-	9.5	0.1
23	1	2.1	-	5.0	0.2	10	0.3	-	0.5	3.0	0.8	0.1	0.5
24	2	0.5	0.8	0.7	0.1	1.5	-	1.0	0.2	0.5	-	8.5	0.1
25	4	12	0.1	0.1	0.5	100	-	-	0.5	0.1	-	4.6	0.1
26	6	0.2	-	7.5	0.1	2.5	0.1	5.0	0.7	0.2	-	0.2	-
27	8	6.9	0.3	4.1	0.7	7.3	0.2	3.8	0.5	3.3	-	0.2	-
28	10	2.5	-	2.9	1.0	9.5	1.4	9.5	0.4	0.1	0.2	1.0	-
29	12	0.2	-	0.2	1.0	5.3	0.2	0.2	-	-	1.1	0.1	-
30	14	2.8	2.0	1.8	-	7.5	0.6	7.2	0.2	0.2	-	3.6	0.1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 111

## 8.2. Приклад виконання завдання практичного заняття

### Лістинг програми моделювання

```

Sys1=ss(tf(100,[1 1 100]));
U=ones(1000,1); % вхідний сигнал одиничний ступеневий
вплив 1000 відліків
T=linspace(0,10,1000)'; % вектор часу від 0 до 10 с 1000
відліків
Y=lsim(Sys1,U,T); % моделювання точного виходу системи
YN=Y+0.05*randn(1000,1); % вихід з шумом СКЗ 0.05
figure; plot(T,U,'-g',T,Y,'-b',T,YN,'-r'); grid on; %
графік вхідного та вихідного сигналу системи
xlabel('Час, с'); ylabel('Амплітуда вихідного сигналу,
В');
[A,B,C,D]=ssdata(Sys1) % виводимо значення матриць
системи
P=ss(A,[B B],C,[D D]) % будуємо систему із
сротерігачем
Kest=kalman(P,0.1,0.05) % будуємо фільтр Калмана
YK=lsim(Kest,[U YN],T); % розраховуємо оцінку виходу
системи в фільтрі Калмана
figure; plot(T,U,'-g',T,Y,'-b',T,YN,'-r',T,YK(:,1),'-c');
grid on; % графік вхідного та вихідного сигналу системи
xlabel('Час, с');ylabel('Амплітуда вихідного сигналу,
В');

```



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 112

### Результати моделювання

A =  

$$\begin{bmatrix} -1.0000 & -12.5000 \\ 8.0000 & 0 \end{bmatrix}$$

B =  

$$\begin{bmatrix} 4 \\ 0 \end{bmatrix}$$

C =  

$$\begin{bmatrix} 0 & 3.1250 \end{bmatrix}$$

D =  

$$\begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

a =  

$$\begin{matrix} & x1 & x2 \\ x1 & -1 & -12.5 \\ x2 & 8 & 0 \end{matrix}$$

b =  

$$\begin{matrix} & u1 & u2 \\ x1 & 4 & 4 \\ x2 & 0 & 0 \end{matrix}$$

c =  

$$\begin{matrix} & x1 & x2 \\ y1 & 0 & 3.125 \end{matrix}$$

d =  

$$\begin{matrix} & u1 & u2 \\ y1 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Continuous-time model.

a =  

$$\begin{matrix} & x1\_e & x2\_e \\ x1\_e & -1 & -20.26 \\ x2\_e & 8 & -11.14 \end{matrix}$$

b =  

$$\begin{matrix} & u1 & y1 \\ x1\_e & 4 & 2.483 \\ x2\_e & 0 & 3.56 \end{matrix}$$

c =  

$$\begin{matrix} & x1\_e & x2\_e \\ y1\_e & 0 & 3.125 \\ x1\_e & 1 & 0 \\ x2\_e & 0 & 1 \end{matrix}$$

d =  

$$\begin{matrix} & u1 & y1 \end{matrix}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 113

$y1\_e$     0    0  
 $x1\_e$     0    0  
 $x2\_e$     0    0

I/O groups:

Group name    I/O Channel(s)

KnownInput    I    1

Measurement    I    2

OutputEstimate    O    1

StateEstimate    O    2,3

Continuous-time model.

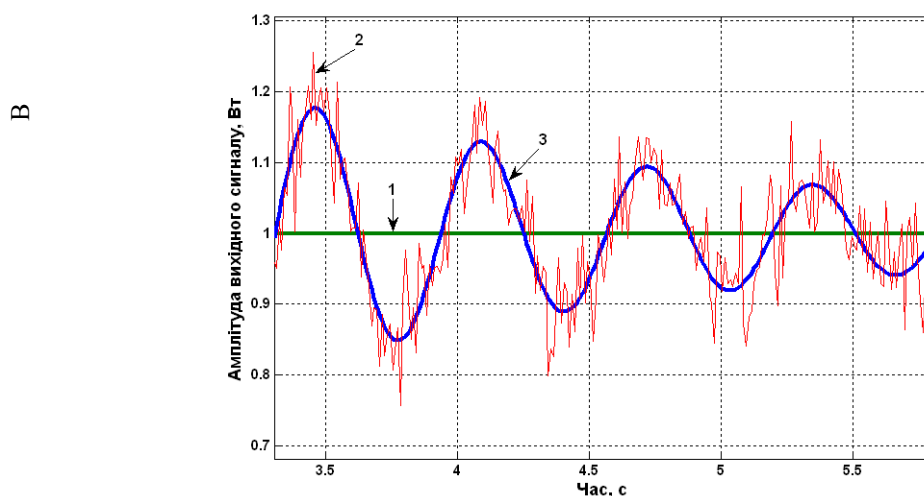


Рис.8.1. Порівняння виміряного і точного значення вихідної координати системи управління: 1- вхідний сигнал, 2- вихід з шумом, 3 - точний вихід системи

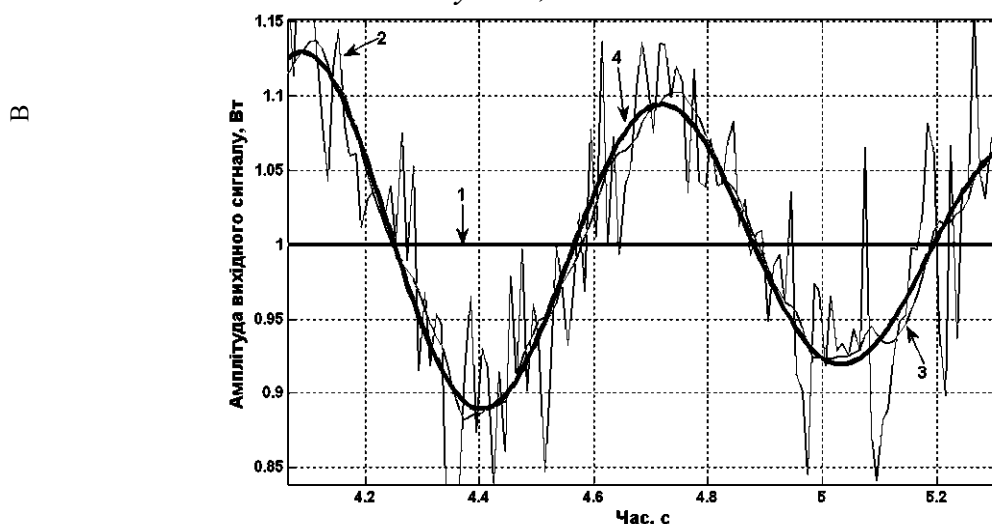


Рис.8.2. Порівняння точного значення, виміряного значення та результату оцінювання фільтром Калмана вихідної координати системи управління: 1- вхідний сигнал, 2- вихід з шумом, 3 – оцінка виходу системи у фільтрі Калмана, 4 – точний вихід системи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1М/ОК8- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 115 / 114

### 8.3. Контрольні запитання

4.1 Що являє собою фільтр Калмана?

4.2 Які функції є в пакеті Matlab для синтезу фільтра Калмана?

4.3 Які основні блоки входять в структурну схему отримання оцінок координат ОУ?

4.4 Що таке матриця вимірювання  $H$ ?

4.5 Назвіть матриці об'єкта керування.