

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”



## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичних робіт  
з курсу**

### **“НАДІЙНІСТЬ І ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ”**

для студентів спеціальності  
151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

Харків 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних робіт

з курсу “Надійність і діагностування систем автоматизації”

для студентів спеціальності

151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою НТУ “ХПІ”  
протокол № 1 від 28.01.22

Харків НТУ “ХПІ” 2022

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу “Надійність і діагностування систем автоматизації” для студентів спеціальності 151– Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології. / Упоряд. доц. Шутинський О.Г., проф. Бабіченко А.К., проф. Красніков І.Л., доц. Лисаченко І.Г., ст. викл. Пугановський О.В.– Харків: НТУ “ХПІ”, 2022. – 45 с.

Укладачі:

О.Г Шутинський

А.К. Бабіченко

І.Л Красніков

І.Г. Лисаченко

О.В. Пугановський

Рецензент: О. М. Дзевочко, доц. канд. техн. наук,  
доц. каф. автоматизації технологічних систем та екологічного  
моніторингу

## ВСТУП

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Найкращий метод засвоєння теорії – рішення практичних задач.

Практичні заняття дозволять студентам закріпити вивчений теоретичний матеріал з теорії надійності, яка має велике практичне значення.

Для полегшення рішення задач наведені основні розрахункові формули, а також типові приклади з рішеннями. Методичні вказівки мають чотири практичні роботи. Мета методичних вказівок – допомогти студенту вивчити теорію надійності та придбати навички застосування її результатів к рішенням різних прикладних питань.

В кінці методичних вказівок наведені тести з основних понять теорії надійності, за допомогою яких студенти мають можливість перевірити свої теоретичні знання.

# РОЗРАХУНОК КРИТЕРІЇВ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ НЕВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

## Практична робота № 1

### Завдання 1

Нехай на випробуванні знаходилося  $N_0$  зразків невідновлювальної системи. Через проміжок часу  $t$  годин відмовило  $R$  зразків. Потрібно визначити ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ . Вихідні дані наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	1000	1200	2000	3000	4000	5000	1500	2500	4500	3500
$t$ , год	100	200	300	250	400	150	120	450	230	220
$R$	200	150	400	250	500	400	300	200	120	230

### Завдання 2

Нехай на випробуванні знаходилося  $N_0$  зразків невідновлювальної системи. Через проміжок часу  $t$  годин відмовило  $R$  зразків. Потрібно визначити ймовірність відмов  $Q(t)$ . Вихідні дані наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	1250	1300	2400	2500	4100	5400	1500	2500	4800	3700
$t$ , год	140	100	330	250	420	180	120	500	250	240
$R$	300	250	400	270	504	420	300	100	100	300

### Завдання 3

Нехай на випробуванні знаходилося  $N_0$  зразків невідновлювальної системи. Імовірність безвідмовної роботи систем за  $t$  годин  $P(t)$ . Визначити ймовірність відмов систем за  $t$  годин. Вихідні дані наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	1250	1300	2400	2500	4100	5400	1500	2500	4800	3700
$t$ , год	140	100	330	250	420	180	120	500	250	240
$P(t)$	0,5	0,67	0,7	0,72	0,8	0,81	0,83	0,87	0,9	0,93

### Завдання 4

Нехай на випробуванні знаходилося  $N_0$  зразків невідновлювальної системи. Через проміжок часу  $t$  годин відмовило  $R$  зразків. Потрібно визначити частоту відмов  $\alpha(t)$ . Вихідні дані наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	1500	1550	1900
$t$ , год	180	190	200	210	250	230	300	250	150	220
$R$	200	100	50	70	85	78	30	90	120	130

### Завдання 5

Нехай на випробуванні знаходилося 1500 зразків невідновлювальної системи. Через проміжок часу 250 годин відмовило 300 зразків. Потрібно

визначити інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ .

### Завдання 6

Нехай на випробуванні було 1000 зразків деякої невідновлювальної системи, і відмови фіксувалися через кожні 100 годин роботи. Результати представлені в таблиці 1.5. Потрібно визначити: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмов, інтенсивність відмов і частоту відмов на кожній ділянці часу, а також побудувати графіки залежності всіх перерахованих вище параметрів від часу.

Таблиця 1.5. Результати випробувань

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta t$ , год	$R$ , штук									
0-100	50	60	40	75	85	80	35	45	40	73
100-200	40	48	32	60	68	64	28	39	33	65
200-300	32	38	26	48	54	51	22	32	25	50
300-400	25	30	20	38	43	40	18	25	21	45
400-500	20	24	16	30	34	32	14	22	18	29
500-600	17	20	14	26	29	27	12	21	17	25
600-700	16	19	13	24	27	26	11	16	15	23
700-800	16	19	13	24	27	26	11	16	14	23
800-900	15	18	12	23	26	24	11	17	12	23
900-1000	14	17	11	21	24	22	10	14	11	22
1000-1100	15	18	12	23	26	24	11	15	12	24
1100-1200	14	17	11	21	24	22	10	14	11	22
1200-1300	14	17	11	21	24	22	10	12	11	22

Закінчення табл.1.5.

1300-1400	13	16	10	20	22	21	9	13	10	20
1400-1500	14	17	11	21	24	22	10	15	11	22
1500-1600	13	16	10	20	22	21	9	14	10	20
1600-1700	13	16	10	20	22	21	9	13	10	20
1700-1800	13	16	10	20	22	21	9	13	10	21
1800-1900	14	17	11	21	24	22	10	14	11	22
1900-2000	12	14	10	18	20	19	8	11	9	19
2000-2100	12	14	10	18	20	19	8	11	9	19
2100-2200	13	16	10	20	22	21	9	11	9	21
2200-2300	12	14	10	18	20	19	8	12	10	19
2300-2400	13	16	10	20	22	21	9	13	10	21
2400-2500	14	17	11	21	24	22	10	14	11	22
2500-2600	16	19	13	24	27	26	11	16	13	28
2600-2700	20	24	16	30	34	32	14	21	16	34
2700-2800	25	30	20	38	43	40	18	26	20	39
2800-2900	30	36	24	45	51	48	21	29	25	45
2900-3000	40	48	32	60	68	64	28	40	33	63

**Завдання 7**

Яка ймовірність безвідмовної роботи системи в початковий момент часу?

**Завдання 8**

На випробування поставлено  $N_0$  зразків. За період часу  $t$  годин відбулося  $R_c$  збоїв. Необхідно визначити ймовірність безперебійної роботи зразків.

Результати випробувань представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6. Результати випробувань

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	100	200	230	150	220	120	130	140	150	120
$t$ , год	10	20	40	30	50	15	30	60	50	12
$R_c$	5	10	12	16	20	25	20	2	5	7

### Завдання 9

На випробування поставлено 5 зразків. Перший зразок пропрацював безвідмовно 1 годину, другий – 3 години, третій – 2 години, четвертий – 4 години, п'ятий – 1 годину. Необхідно визначити середній час безвідмовної роботи.

### Приклад виконання практичної роботи № 1

Вирішимо перший варіант завдання 6. Визначимо спочатку ймовірність безвідмовної роботи для всіх відрізків часу:

$$P(t) = \frac{(N_0 - R(t))}{N_0},$$

де  $N_0$  – кількість зразків в початковий момент часу;

$R(t)$  – кількість відмов зразків.

$$P(100) = \frac{(1000 - 50)}{1000} = 0,95,$$

$$P(200) = \frac{(1000 - 90)}{1000} = 0,91,$$

...

$$P(3000) = \frac{(1000 - 575)}{1000} = 0,425.$$

На підставі отриманих результатів будуюмо графік залежності безвідмовної роботи системи від часу (рис.1.1).

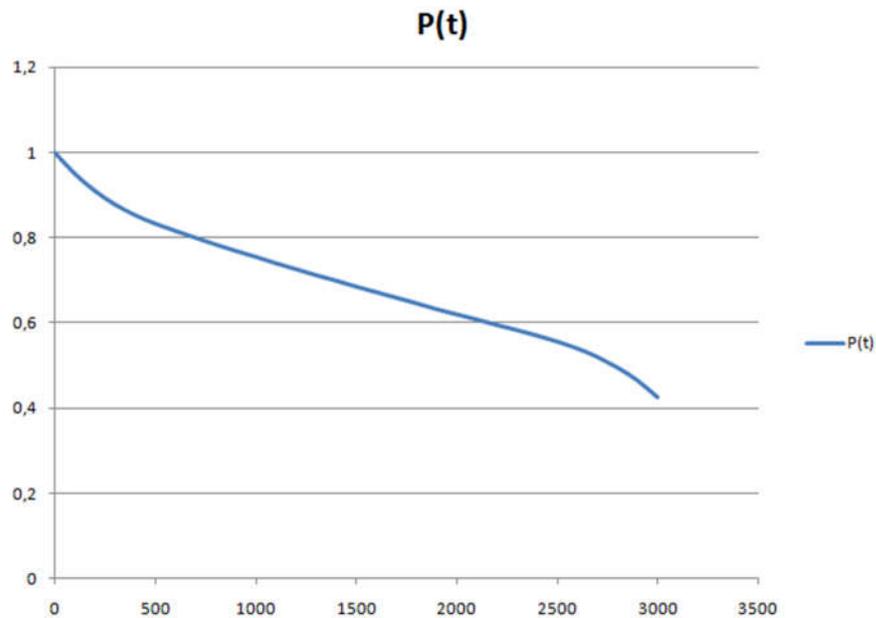


Рис. 1.1. Залежність ймовірності безвідмовної роботи системи від часу

Далі розрахуємо ймовірність відмови:

$$Q(t) = 1 - P(t),$$

$$Q(100) = 1 - 0,95 = 0,05,$$

$$Q(200) = 1 - 0,91 = 0,09,$$

...

$$Q(3000) = 1 - 0,425 = 0,575.$$

За отриманими даними будується графік залежності ймовірності відмов системи від часу (рис.1.2).

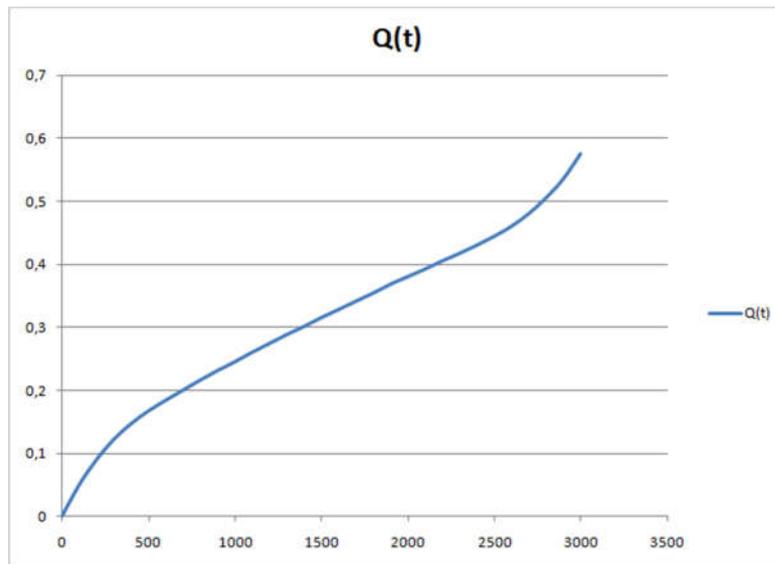


Рис. 1.2. Залежність ймовірності відмов системи від часу

Тепер визначимо частоту відмов системи на відрізках часу:

$$a(t) = \frac{R(t)}{N_0 \Delta t},$$

$$a(50) = \frac{50}{1000 \cdot 100} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1},$$

$$a(150) = \frac{40}{1000 \cdot 100} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1},$$

...

$$a(2950) = \frac{40}{1000 \cdot 100} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}.$$

За отриманими даними будуватиметься графік залежності частоти відмов системи від часу (рис. 1.3).

Тепер визначимо інтенсивність відмов на відрізках часу:

$$\lambda(t) = \frac{R(t)}{N_{cp} \Delta t}.$$

$$\lambda(50) = \frac{50}{\frac{1000 - 950}{2} \cdot 100} = 0.514 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1},$$

$$\lambda(50) = \frac{40}{\frac{950 - 910}{2} \cdot 100} = 0.43 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1},$$

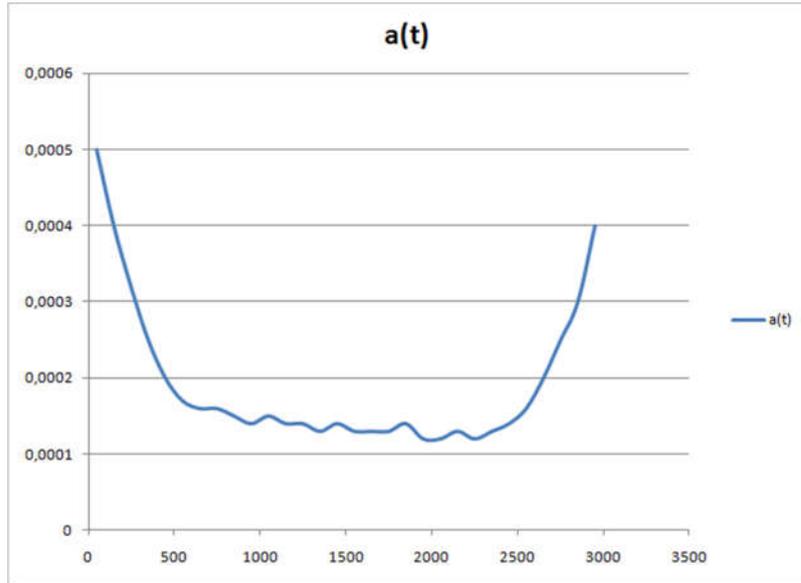


Рис.1.3. Залежність частоти відмов системи від часу

Побудуємо графік залежності інтенсивності відмов системи від часу (рис. 1.4).

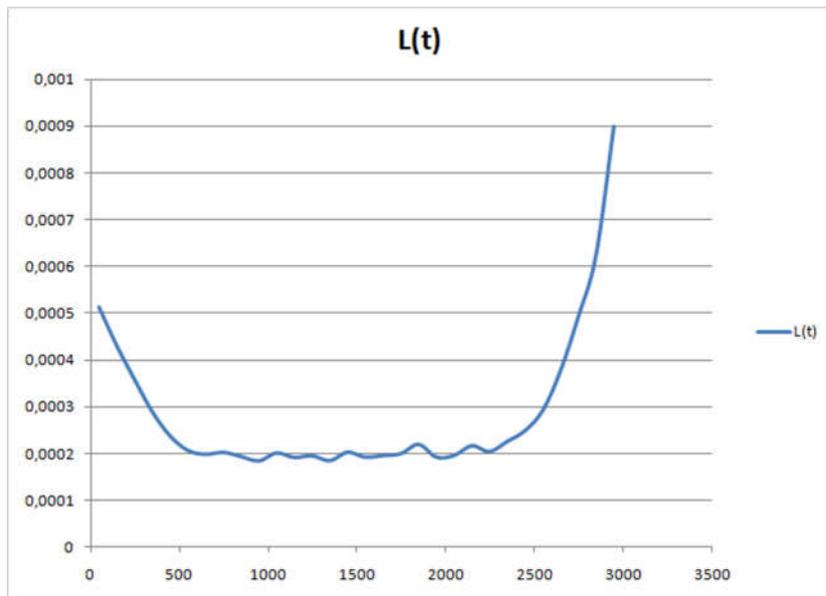


Рис. 1.4. Залежність інтенсивності відмов системи від часу

## Практична робота № 2

### Завдання 1

Визначити середній термін зберігання, якщо інтенсивність відмов при зберіганні  $\lambda_c$  (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1. Значення інтенсивності відмов при зберіганні

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_c \cdot 10^{-2}$ , год	0,1	0,12	0,13	0,11	0,18	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19

### Завдання 2

Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 500 годин  $P(500) = 0,71$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 1000 годин  $P(1000) = 0,56$ . Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи елемента, який пропрацював 500 годин, за проміжок часу від 500 до 1000 годин.

### Завдання 3

Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 300 годин  $P(300) = 0,8$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 1200 годин  $P(1200) = 0,5$ . Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи елемента, який пропрацював 900 годин, за проміжок часу від 300 до 1200 годин.

### Завдання 4

Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 120 годин  $P(120) = 0,9$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 300 годин  $P(300) = 0,45$ . Потрібно визначити ймовірність відмови за інтервал часу від 120 до 300 годин.

### **Завдання 5**

Є система, що складається з 5 послідовно з'єднаних елементів з вірогідністю безвідмовної роботи за період часу 2000 годин відповідно 0,65; 0,78; 0,85; 0,8; 0,9. Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу 2000 годин.

### **Завдання 6**

Є система, що складається з 3 послідовно з'єднаних елементів з вірогідністю безвідмовної роботи за період часу 1000 годин відповідно 0,7; 0,82; 0,8. Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу 1000 годин.

### **Завдання 7**

Визначте ймовірність відмов системи, що складається з 4 послідовно з'єднаних елементів з ймовірністю безвідмовної роботи 0,87 за період часу 300 годин.

### **Завдання 8**

Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи, що складається з 3 послідовно з'єднаних елементів з ймовірністю безвідмовної роботи 0,87 за період часу 100 годин.

### **Завдання 9**

Є система, що складається з п'яти незалежних послідовно з'єднаних елементів. Кожен з елементів має експоненціальне розподіл часу безвідмовної роботи з параметрами  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$  і  $\lambda_5$ . Значення інтенсивностей відмов елементів представлені в таблиці 2.2. Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи.

Таблиця 2.2. Значення інтенсивності відмов елементів і часу

напрацювання

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_1, \text{ГОД}^{-1}$	0,05	0,02	0,01	0,03	0,01	0,07	0,09	0,06	0,05	0,04
$\lambda_2, \text{ГОД}^{-1}$	0,03	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,02	0,01	0,01	0,07
$\lambda_3, \text{ГОД}^{-1}$	0,1	0,09	0,02	0,05	0,08	0,03	0,12	0,11	0,09	0,06
$\lambda_4, \text{ГОД}^{-1}$	0,02	0,01	0,02	0,01	0,1	0,04	0,11	0,04	0,02	0,03
$\lambda_5, \text{ГОД}^{-1}$	0,06	0,08	0,04	0,02	0,09	0,06	0,04	0,07	0,06	0,05
$t, \text{ГОД}$	0,5	0,4	0,8	0,9	1	1	1	0,6	0,7	0,9

**Завдання 10**

Є система, що складається з трьох незалежних послідовно з'єднаних елементів. Кожен з елементів має експоненціальне розподіл часу безвідмовної роботи з параметрами  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  і  $\lambda_3$ . Значення інтенсивностей відмов елементів представлені в таблиці 2.3. Визначте ймовірність відмов системи.

Таблиця 2.3. Значення інтенсивності відмов елементів і часу напрацювання

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_1, \text{ГОД}^{-1}$	0,06	0,02	0,04	0,03	0,01	0,07	0,09	0,06	0,08	0,04
$\lambda_2, \text{ГОД}^{-1}$	0,03	0,06	0,05	0,07	0,02	0,08	0,02	0,04	0,01	0,03
$\lambda_3, \text{ГОД}^{-1}$	0,12	0,09	0,02	0,05	0,08	0,03	0,13	0,11	0,09	0,06
$t, \text{ГОД}$	0,6	0,3	0,6	0,9	0,7	0,8	0,4	0,6	0,7	1

## Основні співвідношення, необхідні для розрахунків

$$p(t_1, t_2) = \frac{P(t_2)}{P(t_1)} - \text{умовна ймовірність безвідмовної роботи};$$

$$p(t_2) = e^{-\lambda t} - \text{експонентний закон розподілу часу безвідмовної роботи};$$

$$P_N(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t) - \text{ймовірність безвідмовної роботи системи } N \text{ елементів};$$

$P_N(t) = (p(t))^N$  – ймовірність безвідмовної роботи системи  $N$  елементів з однаковою ймовірністю безвідмовної роботи;

$$T_{zc} = \frac{1}{\lambda c} - \text{середній термін зберігання};$$

$\lambda_c$  – інтенсивність відмов при зберіганні.

## Приклад виконання практичної роботи № 2

**Завдання 1.** Визначити середній термін зберігання, якщо інтенсивність відмов при зберіганні  $\lambda_c = 0,15$ .

$$T_{zc} = \frac{1}{\lambda c},$$
$$T_{zc} = \frac{1}{0,16} = 6,66.$$

**Завдання 2.** Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 500 годин  $P(500)=0,71$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 1000 годин  $P(1000)=0,56$ . Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи елемента, який пропрацював 500 годин, за проміжок часу від 500 до 1000 годин.

$$p(t_1, t_2) = \frac{P(t_2)}{P(t_1)},$$

$$p(500,1000) = \frac{0,56}{0,71} = 0,788.$$

**Завдання 3.** Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 300 годин  $P(300)=0,8$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 1200 годин  $P(1200)=0,5$ . Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи елемента, який пропрацював 900 годин, за проміжок часу від 300 до 1200 годин.

$$p(t_1, t_2) = \frac{P(t_2)}{P(t_1)},$$

$$p(300,1200) = \frac{0,5}{0,81} = 0,625.$$

**Завдання 4.** Нехай нам відомі ймовірність безвідмовної роботи елемента за 120 годин  $P(120)=0,9$  і ймовірність безвідмовної роботи елемента за 300 годин  $P(300)=0,45$ . Потрібно визначити ймовірність відмови за інтервал часу від 120 до 300 годин.

$$p(t_1, t_2) = \frac{P(t_2)}{P(t_1)},$$

$$p(120,300) = \frac{0,45}{0,9} = 0,5.$$

**Завдання 5.** Система, що складається з 5 послідовно з'єднаних елементів з вірогідністю безвідмовної роботи за період часу 2000 годин відповідно 0,65; 0,78; 0,85; 0,8; 0,9. Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу 2000 годин. Завдання 5 є система, що складається з 5 послідовно з'єднаних елементів з вірогідністю безвідмовної роботи за період часу 2000 годин відповідно 0,65; 0,78; 0,85; 0,8; 0,9. Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу 2000 годин.

$$P_N(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t),$$

$$P_5(2000) = 0,65 \cdot 0,78 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,31.$$

**Завдання 6.** Є система, що складається з 3 послідовно з'єднаних елементів з вірогідністю безвідмовної роботи за період часу 1000 годин відповідно 0,7; 0,82; 0,8. Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу 1000 годин.

$$P_N(t) = \prod_{i=1}^N p_i(t),$$

$$P_5(1000) = 0,7 \cdot 0,82 \cdot 0,8 = 0,46.$$

**Завдання 7.** Визначте ймовірність відмов системи, що складається з 4 послідовно з'єднаних елементів з ймовірністю безвідмовної роботи 0,87 за період часу 300 годин.

$$P_N(t) = [p(t)]^N,$$

$$P_4(300) = 0,87^4 = 0,57.$$

**Завдання 8.** Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи, що складається з 3 послідовно з'єднаних елементів з ймовірністю безвідмовної роботи 0,87 за період часу 100 годин.

$$P(t) = [p(t)]^N,$$

$$P(100) = 0,87^3 = 0,658.$$

**Завдання 9.** Є система, що складається з п'яти незалежних послідовно з'єднаних елементів. Кожен з елементів має експоненціальне розподіл часу безвідмовної роботи з параметрами  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$  і  $\lambda_5$ . Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи.

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

$$P(0,5) = e^{-0,05 \cdot 0,5} e^{-0,03 \cdot 0,5} e^{-0,1 \cdot 0,5} e^{-0,02 \cdot 0,5} e^{-0,06 \cdot 0,5} = 0,683.$$

**Завдання 10.** Є система, що складається з трьох незалежних послідовно з'єднаних елементів. Кожен з елементів має експоненціальне розподіл часу безвідмовної роботи з параметрами  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  і  $\lambda_3$ . Визначте ймовірність відмов системи.

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

$$P(0,6) = e^{-0,06 \cdot 0,6} e^{-0,03 \cdot 0,6} e^{-0,12 \cdot 0,6} = 0,908.$$

### *Практична робота № 3*

#### **Завдання 1**

Поставлено 100 систем на відновлення, з них тільки 50 систем відновилося менш ніж за 30 годин, а час відновлення інших систем склав більше 30 годин. Визначити ймовірність відновлення систем за 30 годин.

#### **Завдання 2**

Поставлено 150 систем на відновлення, з них тільки 60 систем відновилося менш ніж за 20 годин, а час відновлення інших систем склав більше 20 годин. Визначити ймовірність того, що відновлення систем не відбудеться за 20 годин.

#### **Завдання 3**

Ймовірність безвідмовної роботи системи за 200 годин становить 0,94, інтенсивність відмови становить  $\lambda(200) = 0,29 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Визначте частоту відмови системи за 200 годин.

#### **Завдання 4**

Ймовірність безвідмовної роботи системи за 250 годин становить 0,96. Визначте частоту відмови системи за 250 годин.

### Завдання 5

Інтенсивність відмови становить  $\lambda(300) = 0,33 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Визначте частоту відмови системи за 300 годин.

### Завдання 6

В результаті експлуатації  $N_0$  зразків системи було зафіксовано  $R$  несправностей. При цьому кожен з зразків справно пропрацював  $t$  годин. Необхідно визначити середній час між сусідніми відмовами. Дані результатів експлуатації представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_0$	36	40	35	40	35	37	38	41	42	39
$R$	231	240	260	250	235	255	236	237	248	245
$t$ , год	19	20	25	20	17	18	22	23	24	21

### Завдання 7

Визначте загальну інтенсивність відмов, якщо перша група однотипних за надійністю елементів складається з 2 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_1(t) = 0,2 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>, друга група складається з 4 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_2(t) = 0,3 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>, а третя група з 3 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_3(t) = 0,4 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

### Завдання 8

Визначте загальну інтенсивність відмов, якщо перша група однотипних за надійністю елементів складається з 5 елементів з інтенсивністю відмов

$\lambda_1(t) = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , друга група складається з 3 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_2(t) = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , а третя група з 4 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_3(t) = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

### Завдання 9

Частота відмов системи  $a(t)$ , система складається з  $N_0$  елементів. Визначте, скільки елементів відмовить за час  $t$ . Значення частоти відмов, кількості елементів і час вказані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a(t) \cdot 10^{-4}, \text{ год}^{-1}$	0,25	0,24	0,26	0,3	0,4	0,35	0,5	0,6	0,7	0,2
$N_0$	100	120	130	140	150	100	120	90	80	110
$t, \text{ год}$	400	500	300	200	250	350	500	600	700	550

### Завдання 10

Інтенсивність відмов системи  $\lambda(t)$ . Визначте середній час безвідмовної роботи системи. Значення інтенсивностей відмов систем наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda(t) \cdot 10^{-3}, \text{ год}^{-1}$	0,2	0,25	0,27	0,23	0,26	0,22	0,3	0,18	0,17	0,24

### Основні співвідношення, необхідні для розрахунків

$$S(t) = \frac{N_B(t)}{N_{OB}} - \text{ймовірність відновлення систем за час } t ;$$

$a(t) = -P'(t)$  – частота відмови системи за час  $t$ ; визначається як похідна ймовірності безвідмовної роботи зі зворотним знаком;

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \text{ – середній час між сусідніми відмовами;}$$

$r$  – число відмов системи за час  $t$ ;

$t_i$  – час справної роботи системи між  $(i-1)$ -ю і  $i$ -ю відмовами;

$\Lambda = N_1\lambda_1 + N_2\lambda_2 + \dots + N_S\lambda_S$  – загальна інтенсивність відмов;

$S$  – число груп однотипних за надійністю елементів системи;

$N_i$  – число елементів  $i$ -ї групи;

$\lambda_i$  – інтенсивність відмов елементів  $i$ -ї групи;

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t)dt \text{ – середній час безвідмовної роботи.}$$

### Приклад виконання практичної роботи № 3

**Завдання 1.** Поставлено 100 систем на відновлення, з них тільки 50 систем відновилося менш ніж за 30 годин, а час відновлення інших систем склало більше 30 годин. Визначити ймовірність відновлення систем за 30 годин.

$$S(t) = \frac{N_B(t)}{N_{OB}},$$
$$S(30) = \frac{50}{100} = 0,5.$$

Ймовірність відновлення систем за 30 годин дорівнює 0,5.

**Завдання 2.** Поставлено 150 систем на відновлення, з них тільки 60 систем відновилося менш ніж за 20 годин, а час відновлення інших систем

склало більше 20 годин. Визначити ймовірність того, що відновлення систем не відбудеться за 20 годин.

$$S(t) = \frac{N_B(t)}{N_{OB}},$$
$$S(30) = \frac{60}{100} = 0,4.$$

Ймовірність того, що відновлення систем не відбудеться за 30 годин, дорівнює 0,4.

**Завдання 3.** Ймовірність безвідмовної роботи системи за 200 годин становить 0,94, інтенсивність відмови становить  $\lambda(200) = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ . Визначте частоту відмови системи за 200 годин.

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$
$$P'(t) = -\lambda t \cdot e^{-\lambda t},$$
$$a(t) = -P'(t) = \lambda t \cdot e^{-\lambda t},$$
$$a(200) = 0,29 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot e^{0,29 \cdot 10^{-3} \cdot 200} = 0,058 \cdot e^{0,058}.$$

Частота відмови системи за 200 годин дорівнює  $0,058 \cdot e^{0,058}$ .

**Завдання 4.** Ймовірність безвідмовної роботи системи за 250 годин становить 0,96. Визначте частоту відмови системи за 250 годин.

$$P(t) = \frac{(N_0 - R(t))}{N_0},$$
$$a(t) = \frac{R(t)}{N_0 \cdot \Delta t}.$$

Виразимо  $R(t)$  через  $P(t)$  і підставимо в рівняння  $a(t)$ :

$$R(t) = (1 - P(t)) \cdot N_0,$$

$$a(t) = \frac{(1 - P(t)) \cdot N_0}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{1 - P(t)}{\Delta t},$$

$$a(250) = \frac{1 - 0,94}{250} = \frac{0,04}{250} = 0,00016$$

Частота відмови системи за 250 годин дорівнює 0,00016.

**Завдання 5.** Інтенсивність відмови становить  $\lambda(300) = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .  
Визначте частоту відмови системи за 300 годин.

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

$$P'(t) = -\lambda t \cdot e^{-\lambda t},$$

$$a(t) = -P'(t) = \lambda t \cdot e^{-\lambda t},$$

$$a(300) = 0,33 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot e^{0,33 \cdot 10^{-3} \cdot 300} = 0,099 \cdot e^{0,099}.$$

Частота відмови системи за 300 годин дорівнює  $0,099 \cdot e^{0,099}$ .

**Завдання 6.** В результаті експлуатації  $N_0 = 37$  зразків системи було зафіксовано  $R = 255$  несправностей. При цьому кожен з зразків справно пропрацював  $t = 18$  годин. Необхідно визначити середній час між сусідніми відмовами.

$$t_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r},$$

$$t_{\text{cp}} = \frac{37 \cdot 18}{255} = 2,613.$$

Середній час між сусідніми відмовами  $T_{\text{cp}} = 2,613$ .

**Завдання 7.** Визначте загальну інтенсивність відмов, якщо перша група однотипних за надійністю елементів складається з 2 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_1(t) = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , друга група складається з 4 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_2(t) = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , а третя група з 3 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_3(t) = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

$$\begin{aligned}\Lambda &= N_1\lambda_1 + N_2\lambda_2 + N_3\lambda_3, \\ &= 2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} = \\ \Lambda &= 0,4 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-3}.\end{aligned}$$

Загальна інтенсивність відмов дорівнює  $2,8 \cdot 10^{-3}$ .

**Завдання 8.** Визначте загальну інтенсивність відмов, якщо перша група однотипних за надійністю елементів складається з 5 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_1(t) = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , друга група складається з 3 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_2(t) = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ , а третя група з 4 елементів з інтенсивністю відмов  $\lambda_3(t) = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

$$\begin{aligned}\Lambda &= N_1\lambda_1 + N_2\lambda_2 + N_3\lambda_3, \\ \Lambda &= 5 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = \\ &= 2 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 10^{-3} + 0,8 \cdot 10^{-3} = 4,6 \cdot 10^{-3}.\end{aligned}$$

Загальна інтенсивність відмов дорівнює  $4,6 \cdot 10^{-3}$ .

**Завдання 9.** Частота відмов системи  $a(t) = 0,35 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ , система складається з  $N_0 = 100$  елементів. Визначте, скільки елементів відмовить за час  $t = 350$  год.

$$a(t) = \frac{R(t)}{N_0 \cdot \Delta t}.$$

$$R(t) = a(t) \cdot N_0 \cdot \Delta t,$$

$$R(350) = 0,35 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 350 = 12250 \cdot 10^{-4}.$$

За час  $t = 350$  год відмовить  $12250 \cdot 10^{-4}$  елементів.

**Завдання 10.** Інтенсивність відмов системи  $\lambda(t) = 0,22 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

Визначте середній час безвідмовної роботи системи.

$$p(t) = 1 - \lambda t.$$

$$T_{\text{cp}} = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

$$\begin{aligned} T_{\text{cp}} &= \int_0^{\infty} (1 - 0,22 \cdot 10^{-3} t) dt = \int_0^{\infty} dt - \int_0^{\infty} 0,22 \cdot 10^{-3} t dt = \\ &= t - 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 \cdot 0,5 = t - 0,11 \cdot 10^{-3} \cdot t^2. \end{aligned}$$

# РОЗРАХУНОК КРИТЕРІЇВ НАДІЙНОСТІ ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ СИСТЕМ

## Практична робота № 4

### Завдання 1

На випробуванні знаходилося 4 системи, фіксувалися відмови і час, витрачений на відновлення працездатного стану систем, результати випробувань наведені в таблиці 4.1. Визначити середній час відновлення для 4 систем.

Таблиця 4.1. Вихідні дані

№ системи	Номер відмови									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Час, витрачений на відновлення працездатності системи, год									
1	28	2	5	4	7	3	2	1	6	4
2	13	2	10	3	8	5	3	12	9	5
3	17	3	4	2	1	8	6	4	9	14
4	12	1	2	6	5	3	2	15	3	1

### Завдання 2

На випробування поставлено тисячі систем. За 100 годин сталося 100 відмов. Визначте середню частоту відмов за 100 годин.

### Завдання 3

На випробування поставлено 500 систем. За 80 годин відбулося 100 відмов. Визначте середню частоту відмов за 80 годин.

### Завдання 4

Інтенсивність ремонту системи  $\mu = 0,256 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ . Визначте ремонтпридатність системи за 1 годину, якщо відомо, що ми маємо справу з експоненціальним законом розподілу часу ремонту.

### Завдання 5

Інтенсивність ремонту системи  $\mu = 0,256 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>. Визначте ремонтпридатність системи за 2 години, якщо відомо, що ми маємо справу з експоненціальним законом розподілу часу ремонту.

### Завдання 6

Визначте середній час відновлення, якщо відомо середнє час контролю, середній час пошуку дефекту і середній час усунення дефекту (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_k$ , ГОД	10	9	8	7	11	12	10	6	11	15
$T_{д^p}$ , ГОД	4	2	3	4	5	5	3	3	2	5
$T_{уср.д^p}$ , ГОД	2	1	3	3	1	2	3	2	3	5

### Експлуатаційні критерії надійності системи

### Завдання 7

Визначте коефіцієнт готовності, якщо час безвідмовної роботи системи  $t_p$  годин, а час відновлення системи  $t_b$  годин. Значення часу безвідмовної роботи системи і часу її відновлення представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_p$ , ГОД	100	80	67	56	66	55	80	87	45	72
$t_b$ , ГОД	20	10	15	16	9	5	14	11	6	7

### Завдання 8

Середнє число справних комплектів 25, загальне число комплектів системи 100 штук. Визначте коефіцієнт готовності.

### Завдання 9

Коефіцієнт готовності системи  $K_G$ , а ймовірність безвідмовної роботи системи  $P(t)$ . Визначте коефіцієнт оперативної готовності  $K_{OG}$ . Значення коефіцієнта готовності системи та ймовірності безвідмовної роботи системи представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_G$	0,6	0,7	0,65	0,72	0,68	0,77	0,75	0,74	0,8	0,82
$P(t)$	0,85	0,89	0,82	0,9	0,79	0,76	0,72	0,65	0,92	0,56

### Завдання 10

Визначте коефіцієнт вимушеного простою, якщо час безвідмовної роботи системи 20 годин, а час відновлення системи 5 годин.

### Завдання 11

Коефіцієнт готовності системи  $K_G$ . Визначте коефіцієнт вимушено простою. Значення коефіцієнта готовності системи представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_G$	0,6	0,5	0,8	0,78	0,55	0,65	0,82	0,54	0,45	0,73

### Завдання 12

Визначте коефіцієнт профілактики, якщо час безвідмовної роботи системи 15 годин, а час відновлення системи 5 годин.

### Завдання 13

Визначте коефіцієнт профілактики, якщо час безвідмовної роботи системи 20 годин, а час відновлення системи 10 годин.

### Завдання 14

Визначте ефективність профілактики системи  $W$ , якщо відома напрацювання на відмову профілакуємих системи  $T_{\text{пф}}$  годин і напрацювання на відмову непрофілакуємої системи  $T_{\text{нпф}}$  годин. Значення напрацювання на відмову профілакуємих системи і непрофілакуємої системи представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Вихідні дані

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{\text{пф}}$ , год	100	150	200	100	250	400	300	350	100	450
$T_{\text{нпф}}$ , год	50	100	100	50	110	100	150	50	10	200

### Завдання 15

Число відмов непрофілакуємої системи за 100 годин експлуатації  $N_{\text{нпф}} = 50$ , число відмов профілакуємої системи за 100 годин експлуатації  $N_{\text{пф}} = 10$ . Визначте ефективність профілактики.

### Завдання 16

Система складається з 200 елементів, елементів  $i$ -го типу 50 штук. Всього відбулося 30 відмов, з них елементів  $i$ -го типу спостерігалось 5 відмов. Визначте відносний коефіцієнт відмов.

### Завдання 17

Вартість виготовлення системи становить 100000 грн., А вартість експлуатації системи протягом одного року становить 1000 грн. Визначте коефіцієнт вартості експлуатації.

## Завдання 18

Вартість виготовлення системи становить 500000 грн., а вартість експлуатації системи протягом одного року становить 10000 грн. Визначте коефіцієнт вартості експлуатації.

### Основні співвідношення, необхідні для розрахунків

#### Середня частота відмов

$$\omega(t) = \frac{R(t)}{N_0 \Delta t}.$$

#### Середній час відновлення

$$T_B = T_K + T_{II} + T_V,$$

де  $T_K$  – середній час контролю;

$T_{II}$  – середній час пошуку дефекту;

$T_V$  – середній час усунення дефекту;

$$T_B = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \tau_i,$$

де  $\tau_i$  – час, витрачений на відновлення  $i$ -ї відмови.

#### Ремонтпридатність

$P(\tau) = 1 - e^{(-\mu\tau)}$  – імовірність відновлення системи в заданий час.

де  $\mu$  – інтенсивність ремонту системи.

#### Коефіцієнт готовності

Імовірність того, що виріб буде працездатний в довільно обраний момент часу крім планованих періодів, протягом яких застосування системи за призначенням не передбачено.

$$K_{\Gamma} = \frac{t_p}{t_p + t_B},$$

де  $t_p$  – час безвідмовної роботи системи;

$t_B$  – час відновлення.

$$K_{\Gamma} = \frac{M_{\text{сер.с.}}}{M},$$

де  $M_{\text{сер.с.}}$  – середнє число справних комплектів;

$M$  – загальне число комплектів системи.

### **Коефіцієнт оперативної готовності**

Характеризує ймовірність того, що система, перебуваючи в режимі очікування, виявиться в працездатному стані в довільний момент часу  $i$ , починаючи з цього моменту, буде безвідмовно працювати протягом заданого інтервалу часу.

$$K_{OG} = K_{\Gamma}P(t).$$

### **Коефіцієнт вимушеного простою**

Відношення часу вимушеного простою до суми часу справної роботи і вимушених простоїв.

Відношення часу відновлення до суми часу відновлення і безвідмовної роботи системи.

$$K_{BII} = \frac{\sum_{i=1}^z t_{Bi}}{\sum_{i=1}^z t_{pi} + \sum_{i=1}^z t_{Bi}},$$

$$K_{BII} = 1 - K_{\Gamma}.$$

### Коефіцієнт профілактики

Відношення числа годин, які були витрачені на профілактику і ремонт системи, до часу його справної роботи, взятих за один і той же календарний термін.

$$K_{\text{Пр}} = \frac{\sum_{i=1}^z t_{\text{Bi}}}{\sum_{i=1}^z t_{\text{pi}}}.$$

### Ефективність профілактики

Відношення напрацювання на відмову профілакуємих і не профілакуємих системи.

$$W = \frac{T_{\text{ПФ.}}}{T_{\text{НПФ}}},$$

де  $T_{\text{ПФ}}$  – напрацювання на відмову профілакуємих системи;

$T_{\text{НПФ}}$  – напрацювання на відмову непрофілакуємої системи.

$$W = \frac{N_{\text{НПФ.}}}{N_{\text{ПФ}}},$$

де  $N_{\text{ПФ}}$  – число відмов профілакуємих системи;

$N_{\text{НПФ.}}$  – число відмов непрофілакуємої системи.

### Відносний коефіцієнт відмов

Відношення відсотків відмов системи внаслідок виходу з ладу елементів даного типу до відсотку цих елементів в системі.

$$K_{\text{НО}} = \frac{r_i N}{RN_i},$$

де  $r_i$  – число відмов системи, що викликаються елементами  $i$ -го типу;

$N$  – загальне число елементів в системі;

$R$  – загальна кількість відмов системи;

$N_i$  – число елементів  $i$ -го типу системи.

### Коефіцієнт вартості експлуатації

Відношення вартості експлуатації системи протягом одного року до вартості виготовлення системи.

$$K_{BE} = \frac{C_{BE}}{C_{BB}};$$

де  $C_{BE}$  – вартість експлуатації системи протягом одного року;

$C_{BB}$  – вартість виготовлення системи.

### Приклад виконання практичної роботи № 4

**Завдання 1.** На випробуванні знаходилося 4 системи, фіксувалися відмови і час, витрачений на відновлення працездатного стану систем: система 1 – 3 год., система 2 – 5 год., система 3 – 8 год., система 4 – 3 год. Визначити середній час відновлення для усіх систем.

*Рішення:*

$$T_B = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \tau_i,$$
$$T_B = \frac{3 + 5 + 8 + 3}{4} = \frac{19}{4} = 4,75 \text{ год.}$$

**Завдання 2.** На випробування поставлено тисячі систем. За 100 годин сталося 100 відмов. Визначте середню частоту відмов за 100 годин.

*Рішення:*

$$\omega(t) = \frac{R(t)}{N_0 \cdot \Delta t},$$
$$\omega(t) = \frac{100}{1000 \cdot 100} = 0,001.$$

**Завдання 3.** На випробування поставлено 500 систем. За 80 годин відбулося 100 відмов. Визначте середню частоту відмов за 80 годин.

*Рішення:*

$$\omega(t) = \frac{R(t)}{N_0 \cdot \Delta t},$$
$$\omega(t) = \frac{100}{500 \cdot 80} = 0,0025.$$

**Завдання 4.** Інтенсивність ремонту системи  $\mu = 0,256 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ . Визначте ремонтпридатність системи за 1 годину, якщо відомо, що ми маємо справу з експоненціальним законом розподілу часу ремонту.

*Рішення:*

$$P(t) = 1 - e^{(\mu t)},$$
$$P(1) = 1 - e^{(0,256 \cdot 10^{-3} \cdot 1)} = -0,254 \cdot 10^{-3}.$$

**Завдання 5.** Інтенсивність ремонту системи  $\mu = 0,256 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ . Визначте ремонтпридатність системи за 2 години, якщо відомо, що ми маємо справу з експоненціальним законом розподілу часу ремонту.

*Рішення:*

$$P(t) = 1 - e^{(\mu t)},$$
$$P(2) = 1 - e^{(0,256 \cdot 10^{-3} \cdot 2)} = 1 - e^{(0,512 \cdot 10^{-3})} = -0,509 \cdot 10^{-3}.$$

**Завдання 6.** Визначте середній час відновлення, якщо відомо середнє час контролю  $T_k = 12 \text{ год.}$ , Середній час пошуку дефекту  $T_d = 5 \text{ год.}$ , І середній час усунення дефекту  $T_{\text{ус.д.}} = 2 \text{ год.}$

*Рішення:*

$$T_g = T_k + T_d + T_{\text{ус.д.}},$$
$$T_g = 12 + 5 + 2 = 19 \text{ год.}$$

## Експлуатаційні критерії надійності системи

**Завдання 7.** Визначте коефіцієнт готовності, якщо час безвідмовної роботи системи  $t_p = 55$  годин, а час відновлення системи  $t_B = 5$  годин.

*Рішення:*

$$K_G = \frac{t_p}{t_p + t_B},$$
$$K_G = \frac{55}{55 + 5} = \frac{55}{60} = 0,92.$$

**Завдання 8.** Середнє число справних комплектів 25, загальне число комплектів системи 100 штук. Визначте коефіцієнт готовності.

*Рішення:*

$$K_G = \frac{M_{\text{сеп.с.}}}{M},$$
$$K_G = \frac{25}{100} = 0,25.$$

**Завдання 9.** Коефіцієнт готовності системи  $K_G = 0,77$ , а ймовірність безвідмовної роботи системи  $P(t) = 0,76$ . Визначте коефіцієнт оперативної готовності  $K_{OG}$ .

*Рішення:*

$$K_{OG} = K_G \cdot P(t),$$
$$K_{OG} = 0,77 \cdot 0,76 = 0,5852.$$

**Завдання 10.** Визначте коефіцієнт вимушеного простою, якщо час безвідмовної роботи системи 20 годин, а час відновлення системи 5 годин.

*Рішення:*

$$K_{\text{ВП}} = \frac{\sum_{i=1}^z t_{Bi}}{\sum_{i=1}^z t_{pi} + \sum_{i=1}^z t_{Bi}},$$

$$K_{\text{ВП}} = \frac{5}{20 + 5} = \frac{5}{25} = 0,2.$$

**Завдання 11.** Коефіцієнт готовності системи  $K_{\Gamma} = 0,65$ . Визначте коефіцієнт вимушено простою.

*Рішення:*

$$K_{\text{ВП}} = 1 - K_{\Gamma},$$

$$K_{\text{ВП}} = 1 - 0,65 = 0,35.$$

**Завдання 12.** Визначте коефіцієнт профілактики, якщо час безвідмовної роботи системи 15 годин, а час відновлення системи 5 годин.

*Рішення:*

$$K_{\text{Пр}} = \frac{\sum_{i=1}^z t_{Bi}}{\sum_{i=1}^z t_{pi}},$$

$$K_{\text{Пр}} = \frac{5}{15} = 0,33.$$

**Завдання 13.** Визначте коефіцієнт профілактики, якщо час безвідмовної роботи системи 20 годин, а час відновлення системи 10 годин.

*Рішення:*

$$K_{\text{Пр}} = \frac{\sum_{i=1}^z t_{Bi}}{\sum_{i=1}^z t_{pi}} .$$

$$K_{\text{Пр}} = \frac{10}{20} = 0,5.$$

**Завдання 14.** Визначте ефективність профілактики системи  $W$ , якщо відома напрацювання на відмову профілакуємих системи  $T_{\text{пф}} = 400$  годин і напрацювання на відмову непрофілакуємої системи  $T_{\text{нпф}} = 100$  годин.

*Рішення:*

$$W = \frac{T_{\text{пф.}}}{T_{\text{нпф}}},$$
$$W = \frac{400}{100} = 4.$$

**Завдання 15.** Число відмов непрофілакуємої системи за 100 годин експлуатації  $N_{\text{нпф}} = 50$ , число відмов профілакуємих системи за 100 годин експлуатації  $N_{\text{пф}} = 10$ . Визначте ефективність профілактики.

*Рішення:*

$$W = \frac{N_{\text{нпф.}}}{N_{\text{пф}}},$$
$$W = \frac{50}{10} = 5.$$

**Завдання 16.** Система складається з 200 елементів, елементів  $i$ -го типу 50 штук. Всього відбулося 30 відмов, з них елементів  $i$ -го типу спостерігалось 5 відмов. Визначте відносний коефіцієнт відмов.

*Рішення:*

$$K_{\text{но}} = \frac{r_i \cdot N}{R \cdot N_i},$$
$$K_{\text{но}} = \frac{5 \cdot 200}{30 \cdot 50} = 0,66.$$

**Завдання 17.** Вартість виготовлення системи становить 100000 грн., А вартість експлуатації системи протягом одного року становить 1000 грн. Визначте коефіцієнт вартості експлуатації.

*Рішення:*

$$K_{BE} = \frac{C_{BE}}{C_{BB}},$$
$$K_{BE} = \frac{100}{100000} = 0,01.$$

**Завдання 18.** Вартість виготовлення системи становить 500000 грн., А вартість експлуатації системи протягом одного року становить 10000 грн. Визначте коефіцієнт вартості експлуатації.

*Рішення:*

$$K_{BE} = \frac{C_{BE}}{C_{BB}},$$
$$K_{BE} = \frac{10000}{500000} = 0,02.$$

## Додаток А.

### Основні поняття і визначення надійності

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	Наука, що вивчає закономірності виникнення відмов технічних пристроїв.	1. Теорія ймовірності. 2. Теорія надійності. 3. Теорія відмов. 4. Діагностування.
2	Система, призначена для управління локальними об'єктами і процесами.	1. Система малого масштабу. 2. Система великого масштабу. 3. Система середнього масштабу. 4. Система локального масштабу.
3	Система, утворена з блоків, підсистем і локальних об'єктів, управління якими здійснюється за допомогою ієрархічної структури.	1. Система малого масштабу. 2. Система великого масштабу. 3. Система середнього масштабу. 4. Система локального масштабу.
4	Властивість системи зберігати свої вихідні характеристики (параметри) в певних межах при даних умовах експлуатації за певний час.	1. Діагностика. 2. Ефективність. 3. Надійність. 4. Стійкість.
5	Надійність системи в екстремальних умовах (вибух, пожежа, затоплення).	1. Діагностика. 2. Ефективність. 3. Живучість. 4. Стійкість.
6	Імовірність того, що виріб буде працездатний в довільно обраний момент часу крім планованих періодів, протягом яких застосування системи за призначенням не передбачено.	1. Коефіцієнт готовності. 2. Коефіцієнт оперативної готовності. 3. Коефіцієнт вимушеного простою. 4. Коефіцієнт профілактики.
7	Відношення часу вимушеного простою до суми часу справної роботи і вимушених простоїв.	1. Коефіцієнт готовності. 2. Коефіцієнт оперативної готовності. 3. Коефіцієнт вимушеного простою. 4. Коефіцієнт профілактики.
8	Відношення числа годин, кото-які були витрачені на профілактику і ремонт системи, до часу його справної роботи, взятих за один і той же календарний термін.	1. Коефіцієнт готовності. 2. Коефіцієнт оперативної готовності. 3. Коефіцієнт вимушеного простою. 4. Коефіцієнт профілактики.

## Додаток Б.

### Показники надійності автоматизованих технічних систем

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	Ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова системи не виникає.	1. Надійність. 2. Імовірність відмови. 3. Імовірність безвідмовної роботи.
2	Чому дорівнює ймовірність безвідмовної роботи при нульовому напрацюванні.	1. 0 2. 1 3. $\infty$ 4. 0,5
3	Чому дорівнює ймовірність безвідмовної роботи при бескінцевих напрацюваннях.	1. 0 2. 1 3. $\infty$ 4. 0,5
4	Якщо ймовірність безвідмовної роботи дорівнює 0,8, ймовірність відмови дорівнює.	1. 0,8 2. 0,1 3. 0,2 4. 0,4
5	Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи з послідовним з'єднанням трьох елементів з вірогідністю безвідмовної роботи 0,8, 0,5 і 0,5.	1. 1,8 2. 0,8 3. 0,5 4. 0,2
6	Визначте ймовірність безвідмовної роботи системи з паралельним з'єднанням трьох елементів з вірогідністю безвідмовної роботи 0,8, 0,5 і 0,5.	1. 1,8 2. 0,8 3. 0,5 4. 0,2
7	Імовірність, того що в заданому інтервалі часу будуть відсутні збої системи або елементів.	1. Імовірність безвідмовної роботи. 2. Імовірність відновлення. 3. Імовірність відмови.
8	Умовна щільність ймовірності відмови невідновлювальної системи, яка визначається для даного моменту часу за умови, що до цього моменту відмова не виникала.	1. Частота відмов. 2. Середня частота відмов. 3. Інтенсивність відмов. 4. Сумарна частота відмов.
9	Математичне сподівання часу справної роботи елементів.	1. Середнє напрацювання на відмову. 2. Час надійної роботи. 3. Напрацювання. 4. Середній час безвідмовної роботи.
10	Середнє значення часу між сусідніми відмовами, за умови відновлення кожного елемента, що відмовив.	1. Середнє напрацювання на відмову. 2. Час надійної роботи. 3. Напрацювання. 4. Середній час безвідмовної роботи.

## Додаток В.

### Відмови в автоматизованих системах

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	Подія, після появи якого, вихідні характеристики системи виходять за допустимі межі.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механізм відмови.</li> <li>2. Відмова.</li> <li>3. Критерій відмови.</li> <li>4. Ознака відмови.</li> </ol>
2	Класифікація відмов по можливості прогнозування місця виникнення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закономірні і випадкові.</li> <li>2. Незалежні і залежні.</li> <li>3. Раптові і поступові.</li> <li>4. Конструктивні, технологічні та експлуатаційні.</li> </ol>
3	Класифікація відмов з питань взаємодії між собою.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закономірні і випадкові.</li> <li>2. Незалежні і залежні.</li> <li>3. Раптові і поступові.</li> <li>4. Конструктивні, технологічні та експлуатаційні.</li> </ol>
4	Класифікація відмов за характером процесу виникнення.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закономірні і випадкові.</li> <li>2. Незалежні і залежні.</li> <li>3. Раптові і поступові.</li> <li>4. Конструктивні, технологічні та експлуатаційні.</li> </ol>
5	Класифікація відмов з причини виникнення.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закономірні і випадкові.</li> <li>2. Незалежні і залежні.</li> <li>3. Раптові і поступові.</li> <li>4. Конструктивні, технологічні та експлуатаційні.</li> </ol>
6	Класифікація відмов за часом існування.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закономірні і випадкові.</li> <li>2. Незалежні і залежні.</li> <li>3. Раптові і поступові.</li> <li>4. Конструктивні, технологічні та експлуатаційні.</li> </ol>
7	На якому етапі життєвого циклу системи відмови виникають по схемним і конструктивно-нормативним причин?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектування.</li> <li>2. Виробництво.</li> <li>3. Експлуатація.</li> <li>4. Завершення терміну експлуатації.</li> </ol>
8	На якому етапі життєвого циклу системи відмови виникають з причин недоброякісної сировини і напівфабрикатів?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектування.</li> <li>2. Виробництво.</li> <li>3. Експлуатація.</li> <li>4. Завершення терміну експлуатації.</li> </ol>
9	На якому етапі життєвого циклу системи відмови виникають через кліматичних умов і механічних навантажень, які не відповідають заданим?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектування.</li> <li>2. Виробництво.</li> <li>3. Експлуатація.</li> <li>4. Завершення терміну експлуатації.</li> </ol>

## Додаток Г.

### Методи підвищення надійності та ефективності автоматизованих систем

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	На якому етапі підвищення надійності забезпечується вибором схеми?	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
2	На якому етапі підвищення надійності забезпечується вибором елементів і режимів їх роботи.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
3	На якому етапі підвищення надійності забезпечується вибором конструктивного рішення системи.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
4	На якому етапі підвищення надійності забезпечується урахуванням психофізичних можливостей операторів.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
5	На якому етапі підвищення надійності забезпечується автоматизацією виробництва.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
6	На якому етапі підвищення надійності забезпечується тренуванням елементів і систем..	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
7	На якому етапі підвищення надійності забезпечується налагодженням і настроюванням і налагодженням систем.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
8	На якому етапі підвищення надійності забезпечується поточним і вхідним контролем.	1. Проектування. 2. Виробництво. 3. Експлуатація. 4. Завершення терміну експлуатації.
9	Метод підвищення надійності, сполучений зі збільшенням ваги і габаритів системи.	1. Вибір найбільш надійних елементів. 2. Стандартизація і уніфікація елементів 3. Полегшення режимів роботи елементів. 4. Резервування і використання систем вбудованого автоматичного контролю.

## Додаток Д.

### Основні поняття і визначення діагностування

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	Галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення технічного стану об'єкта.	1. Технічна діагностика. 2. контролепригодного. 3. Технічний стан. 4. Система технічного діагностування.
2	Стан, яке характеризується в певний момент часу при визначених умовах зовнішнього середовища значеннями параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт.	1. Технічна діагностика. 2. контролепригодного. 3. Технічний стан. 4. Система технічного діагностування.
3	Параметр або характеристика, яка використовується при діагностуванні.	1. Діагностическая модель. 2. Статична характеристика. 3. Діагностичний ознака. 4. Дінаміческая характеристика.
4	Формальний опис об'єкта діагностування, який враховує зміни його стану.	1. Діагностическая модель. 2. Статична характеристика. 3. Діагностичний ознака. 4. Дінаміческая характеристика.
5	Результат діагностування, висновок про технічний стан об'єкта.	1. Обстеження. 2. Діагноз. 3. Робоча діагностування. 4. Тестове діагностування.
6	Характеристика системи, яка не залежить від частоти і часу.	1. Діагностическая модель. 2. Статична характеристика. 3. Діагностичний ознака. 4. Дінаміческая характеристика.
7	Характеристика системи, що залежить від частоти та/або часу.	1. Діагностическая модель. 2. Статична характеристика. 3. Діагностичний ознака. 4. Дінаміческая характеристика.
8	Спосіб діагностування, при якому на елементи системи подаються робочі впливи.	1. Робоче. 2. Тестове. 3. Екстремальне. 4. Пробне.
9	Спосіб діагностування, при якому на елементи системи подаються тестові впливи, що викликають його реакцію.	1. Робоче. 2. Тестове. 3. Екстремальне. 4. Пробне.

## Додаток Е.

### Методи й алгоритми діагностування автоматизованих систем

№ п/п	Питання	Варіанти відповідей
1	Сукупність операцій, дій, що дозволяють дати об'єктивний висновок про стан об'єкта.	1. Робоче діагностування. 2. Тестове діагностування. 3. Алгоритм діагностування. 4. Метод діагностування.
2	Сукупність приписів, які визначають порядок дій при проведенні діагностування.	1. Робоче діагностування. 2. Тестове діагностування. 3. Алгоритм діагностування. 4. Метод діагностування.
3	До якого методу діагностування відноситься різновидність виявлення дефектів із застосуванням магнітної суспензії.	1. Капілярний. 2. Магнітопорошковий. 3. Акустичний. 4. Електромагнітний.
4	До якого методу діагностування відноситься ультразвукова різновид виявлення дефектів.	1. Капілярний. 2. Магнітопорошковий. 3. Акустичний. 4. Електромагнітний.
5	До якого методу діагностування відноситься люмінесцентно-кольоровий різновид виявлення дефектів.	1. Капілярний. 2. Магнітопорошковий. 3. Акустичний. 4. Електромагнітний.
6	Метод, заснований на отриманні спектральної щільності потужності шуму на деякій частоті через вимір ефективного напруги шуму за допомогою високочуттєвого вимірювача з відомою смугою пропускання.	1. Метод порівняння. 2. Компенсаторний метод. 3. Модуляційний метод. 4. Метод безпосереднього вимірювання НЧ шуму.
7	Метод діагностування, при якому досліджуваний шум порівнюється з еталонним сигналом або шумом.	1. Метод порівняння. 2. Компенсаторний метод. 3. Модуляційний метод. 4. Метод безпосереднього вимірювання НЧ шуму.
8	Використання частини продуктивності ЕОМ для контролю виконання і відновлення працездатності ПЗ після збою.	1. Інформаційна надмірність. 2. Тимчасова надмірність. 3. Програмна надмірність. 4. Ресурсна надмірність.
9	Дублювання частини даних інформаційної системи для забезпечення надійності та контролю достовірних даних.	1. Інформаційна надмірність. 2. Тимчасова надмірність. 3. Програмна надмірність. 4. Ресурсна надмірність.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до практичних робіт з курсу “Надійність і діагностування систем  
автоматизації”  
для студентів спеціальності  
151 – «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»  
усіх форм навчання

Укладачі: ШУТИНСЬКИЙ Олексій Григорович  
БАБІЧЕНКО Анатолій Костянтинович  
КРАСНІКОВ Ігор Леонідович  
ЛИСАЧЕНКО Ігор Григорович  
ПУГАНОВСЬКИЙ Олег Валентинович

Відповідальний за випуск проф. ПОДУСТОВ Михайло

Роботу до видання рекомендував ДУДНИК Олексій

В авторській редакції

План 2022 р., поз. 62

Підп. до друку \_\_. \_\_. 2022. Гарнітура Times New Roman.

---

Видавничий центр НТУ «ХП»  
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002

---

Самостійне електронне видання