

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання практичних та самостійних робіт
із навчальної дисципліни

«НАДІЙНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

*(для здобувачів 4 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності
F6 – Інформаційні системи та технології)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до виконання практичних та самостійних робіт із навчальної дисципліни «Надійність інформаційних систем» (для здобувачів 4 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності F6 – Інформаційні системи та технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. М. В. Булаєнко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 72 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. М. В. Булаєнко

Рецензент

О. Б. Костенко, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою комп'ютерних наук та інформаційних технологій, протокол № 17 від 30.04.2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота 1.	5
Тест 1.	11
Тест 2.	20
Практична робота 2.	28
Тест 3.	35
Практична робота 3.	42
Практична робота 4.	46
Тест 4.	52
Практична робота 5.	56
Тест 5.	64
Список рекомендованих джерел.	71

ВСТУП

У сучасних умовах активного розвитку цифрових технологій, зростання обсягів даних та критичної залежності бізнесу й державних структур від інформаційних систем, питання їх надійності набувають особливої ваги. Порух функціонування інформаційної системи, навіть протягом короткого часу, може призвести до значних матеріальних втрат, втрати репутації чи навіть загроз безпеці.

Дисципліна «Надійність інформаційних систем» є однією з фундаментальних складових підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних систем та технологій, оскільки формує у студентів системне уявлення про принципи забезпечення надійності, методи її оцінювання, а також способи підвищення стійкості до відмов і зовнішніх впливів.

Метою методичних рекомендацій є надання здобувачам вищої освіти структурованого підходу до виконання практичних і самостійних робіт, що сприятимуть закріпленню теоретичних знань, набуттю практичних навичок аналізу надійності систем, моделювання відмов, розрахунку показників надійності, розробки заходів підвищення відмовостійкості.

Матеріали рекомендацій охоплюють ключові аспекти тематики курсу, зокрема:

- класифікацію відмов та збоїв інформаційних систем;
- моделі та показники надійності;
- математичні методи аналізу надійності (зокрема методи теорії ймовірностей і статистики);
- практичні підходи до підвищення надійності апаратного та програмного забезпечення;
- стандарти і нормативи у сфері забезпечення надійності інформаційних систем.

Методичні рекомендації розроблено відповідно до освітньої програми спеціальності F6 – Інформаційні системи та технології, враховуючи сучасні вимоги IT-галузі та практичні виклики, з якими стикаються розробники і користувачі складних інформаційних систем.

Практична робота 1

Визначення кількісних характеристик надійності за статистичними даними про відмови виробу

Під надійністю розуміють властивість виробу (об'єкта) зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Імовірність безвідмовної роботи за статистичними даними про відмови оцінюється виразом:

$$\bar{R}(t) = \frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0}, \quad (1)$$

де N_0 – кількість виробів, поставлених на випробування, $N(t)$ – кількість виробів, що не відмовили на момент часу t , $n(t)$ – кількість виробів, що відмовили на момент часу t .

Для ймовірності відмови за статистичними даними справедливе співвідношення:

$$\bar{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}. \quad (2)$$

Частота відмов за статистичними даними про відмови (щільність розподілу напрацювання до відмови) визначається виразом:

$$\bar{\rho}(t) = \frac{\Delta n(t)}{N_0 \Delta t} [1/\text{год}], \quad (3)$$

де $\Delta n(t)$ – кількість виробів, що відмовили в інтервалі $(t, t + \Delta t)$.

Фактично частота відмов це відношення числа зразків виробів, що відмовили, в одиницю часу (частота відмов) до виробів, спочатку встановлених на випробування за умови, що зразки, що відмовили, не відновлюються і не замінюються справними.

Інтенсивність відмов за статистичними даними про відмови визначається формулою:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{N(t) \Delta t} [1/\text{год}], \quad (4)$$

Тобто це відношення числа об'єктів, що відмовили (зразків апаратури, виробів, деталей, механізмів, пристроїв, вузлів і т. п.) в одиницю часу до середньої кількості об'єктів, що справно працюють в даний відрізок часу за умови, що об'єкти, що відмовили, не відновлюються і не замінюються справними.

Інакше кажучи, інтенсивність відмов чисельно дорівнює числу відмов в одиницю часу, віднесене до вузлів, які безвідмовно пропрацювали до цього часу.

Середній час безвідмовної роботи виробу за статистичними даними оцінюється виразом

$$\bar{m}_t = \frac{1}{N_o} \sum_{i=1}^{N_0} t_i, \quad (5)$$

де t_i – час безвідмовної роботи i -го виробу. $\bar{m}_t$ – статистична оцінка середнього часу безвідмовної роботи виробу.

Для визначення $\bar{m}_t$ за формулою (5) необхідно знати моменти виходу з усіх N виробів.

Можна визначати $\bar{m}_t$ з виразу

$$\bar{m}_t \approx \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^k n_i t_{cp,i}, \quad (6)$$

де k – кількість інтервалів спостереження, n_i – кількість виробів, що вийшли з ладу, в i -му інтервалі часу; $t_{cp,i} = \frac{(t_{i-1} + t_i)}{2}$, t_{i-1} – час початку i -го інтервалу, t_i – час кінця i -го інтервалу.

Дисперсія часу безвідмовної роботи виробу за статистичними даними (статистична оцінка дисперсії часу безвідмовної роботи виробу) визначається формулою

$$\bar{D}_t = \frac{1}{N_o - 1} \sum_{i=1}^{N_0} (t_i - \bar{m}_t)^2. \quad (7)$$

Індивідуальне завдання 1

Задача 1. На випробування було встановлено N_0 однотипних інтегральних мікросхем.

За перші T_1 год. відмовило n_1 інтегральних мікросхем, за інтервал часу $T_1 - T_2$ год відмовило ще n_2 інтегральних мікросхем.

Потрібно визначити ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмови на моменти часу $T_1 - T_2$, статистичну оцінку частоти та інтенсивності відмов інтегральних мікросхем проміжку часу $T_1 - T_2$ год.

Значення змінних взяти із таблиці 1.

Таблиця 1– Вхідні дані

Варіант	N_0	T_1	T_2	n_1	n_2
1	1 020	3 050	4 230	120	67
2	2 030	3 300	4 600	105	76
3	940	600	1 050	78	34
4	1 500	1 070	1 800	250	120
5	2 030	2 500	2 950	240	105
6	1 060	2 300	3 600	135	46
7	1 420	1 050	1 920	86	57
8	2 830	3 300	4 650	177	94
9	4 200	6 050	7 900	220	130
10	1 580	2 300	3 050	46	28
11	5 070	4 700	5 900	280	190
12	4 900	6 750	7 900	220	130
13	1 080	2 300	3 050	46	28
14	5 070	4 700	5 900	265	140
15	1 800	2 070	2 850	106	67
16	2 740	2 700	3 550	210	85
17	1 860	2 300	3 600	235	46
18	2 420	1 050	1 920	186	127
19	2 830	1 200	1 450	277	194
20	4 420	6 600	7 500	320	130
21	1 980	2 100	3 000	46	29
22	5 040	4 700	5 600	280	180
23	4 900	6 720	8 090	220	130
24	1 880	2 100	3 050	46	30
25	5 070	4 700	5 900	265	140
26	1 800	2 040	2 850	106	66
27	2 540	2 700	3 050	210	80
28	1 960	2 300	3 500	235	40
29	1 420	1 050	1 820	180	120
30	2 830	1 100	1 450	270	94

Задача 2. На випробування поставлено 6 однотипних виробів. Отримані такі значення t_i (t_i – час безвідмовної роботи i -го виробу): t_1 год; t_2 год; t_3 год; t_4 год; t_5 год; t_6 год.

Визначити статистичну оцінку середнього часу безвідмовної роботи виробу, дисперсії, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнт варіації.

Значення змінних взяти із таблиці 2.

Таблиця 2 – Вхідні дані

Варіант	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
1	102	305	423	512	590	640
2	200	330	460	510	690	800
3	940	600	1 050	78	34	440
4	1 500	1 070	1 800	250	120	357
5	2 030	2 500	2 950	240	105	228
6	860	2 300	3 600	135	146	938
7	1 420	1 050	920	86	157	295
8	2 830	3 300	4 650	177	94	1 740
9	4 200	6 050	7 900	220	130	5 790
10	880	2 300	3 050	46	28	131
11	5 070	4 700	5 900	280	190	3 740
12	4 900	6 750	790	220	130	640
13	880	2 300	3 050	46	280	800
14	5 070	4 700	5 900	265	140	440
15	1 800	2 070	2 850	106	67	357
16	2 740	2 700	3 550	210	85	228
17	1 860	2 300	3 600	235	46	938
18	2 420	1 050	1 920	186	127	295
19	2 830	1 200	1 450	277	194	1 740
20	4 420	6 600	7 500	320	130	5 790
21	840	2 300	2 700	78	59	131
22	200	330	460	510	690	800
23	940	600	1 050	78	134	440
24	1 500	1 070	1 800	250	120	357
25	2 030	2 500	2 950	240	105	228
26	860	2 300	3 600	135	46	938
27	1 420	1 050	920	86	157	295
28	2 830	3 300	4 650	177	94	1 740
29	4 200	6 050	7 900	220	130	5 790
30	880	2 300	3 050	460	128	131

Завдання 3. В результаті спостереження за N_0 зразками радіоелектронного обладнання отримані дані до першої відмови всіх N_0 зразків, зведені в таблицю 3.

Потрібно визначити статистичну оцінку середнього часу безвідмовної роботи виробу, дисперсії, квадратичного відхилення середовищ і коефіцієнт варіації.

Таблиця 3 – Вхідні дані

Варіант	Дані щодо інтервалів								
		$t_1 - t_2$	$t_2 - t_3$	$t_3 - t_4$	$t_4 - t_5$	$t_5 - t_6$	$t_6 - t_7$	$t_7 - t_8$	$t_8 - t_9$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Δt	26–45	45–68	68–76	76–89	89–103	103–121	121–133	133–154
	n	2	5	5	8	12	14	15	11
2	Δt	54–67	67–75	75–88	88–99	99–123	123–145	145–158	158–172
	n	4	7	12	12	15	23	21	13
3	Δt	24–35	35–48	48–61	61–75	75–90	90–103	103–125	125–152
	n	16	34	25	34	56	45	23	65
4	Δt	11–26	26–37	37–52	52–73	73–84	84–97	97–113	113–132
	n	23	12	45	13	3	43	9	41
5	Δt	27–43	43–54	54–68	68–83	83–104	104–127	127–148	148–167
	n	2	6	37	17	41	6	9	3
6	Δt	29–45	45–69	69–76	76–92	92–113	113–128	128–133	133–164
	n	11	5	7	18	12	17	15	18
7	Δt	32–52	52–71	71–83	83–103	103–125	125–137	137–152	152–174
	n	12	15	8	11	27	23	8	11
8	Δt	22–35	35–43	43–62	62–75	75–93	93–103	103–132	132–152
	n	13	24	15	34	46	41	23	23
9	Δt	7–23	23–45	45–61	61–83	83–104	104–121	121–146	146–163
	n	23	34	21	29	47	8	19	12
10	Δt	17–36	36–51	51–74	74–97	97–122	122–147	147–162	162–189
	n	13	19	16	11	9	7	14	23
11	Δt	11–26	26–37	37–52	52–73	73–84	84–97	97–113	113–132
	n	23	12	45	13	3	43	9	41
12	Δt	27–43	43–54	54–68	68–83	83–104	104–127	127–148	148–167
	n	2	6	37	17	41	6	9	3
13	Δt	29–45	45–69	69–76	76–92	92–113	113–128	128–133	133–164
	n	11	5	7	18	12	17	15	18
14	Δt	32–52	52–71	71–83	83–103	103–125	125–137	137–152	152–174
	n	12	15	8	11	27	23	8	11

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Δt	26–45	45–68	68–76	76–89	89–103	103–121	121–133	133–154
	n	2	5	5	8	12	14	15	11
16	Δt	54–67	67–75	75–88	88–99	99–123	123–145	145–158	158–172
	n	4	7	12	12	15	23	21	13
17	Δt	24–35	35–48	48–61	61–75	75–90	90–103	103–125	125–152
	n	16	34	25	34	56	45	23	65
18	Δt	17–36	36–51	51–74	74–97	97–122	122–147	147–162	162–189
	n	13	19	16	11	9	7	14	23
19	Δt	22–35	35–43	43–62	62–75	75–93	93–103	103–132	132–152
	n	13	24	15	34	46	41	23	23
20	Δt	7–23	23–45	45–61	61–83	83–104	104–121	121–146	146–163
	n	23	34	21	29	47	8	19	12
21	Δt	11–26	26–37	37–52	52–73	73–84	84–97	97–113	113–132
	n	23	15	45	13	5	43	9	41
22	Δt	27–43	43–54	54–68	68–83	83–104	104–127	127–148	148–167
	n	4	8	37	17	41	6	9	3
23	Δt	29–45	45–69	69–76	76–92	92–113	113–128	128–133	133–164
	n	11	10	7	18	12	17	15	18
24	Δt	32–52	52–71	71–83	83–103	103–125	125–137	137–152	152–174
	n	12	15	10	11	27	23	8	11
25	Δt	26–45	45–68	68–76	76–89	89–103	103–121	121–133	133–154
	n	4	5	5	8	12	14	15	11
26	Δt	54–67	67–75	75–88	88–99	99–123	123–145	145–158	158–172
	n	4	7	12	12	15	23	21	13
27	Δt	24–35	35–48	48–61	61–75	75–90	90–103	103–125	125–152
	n	16	34	25	34	56	45	23	65
28	Δt	17–36	36–51	51–74	74–97	97–122	122–147	147–162	162–189
	n	13	19	16	11	9	8	14	23
29	Δt	22–35	35–43	43–62	62–75	75–93	93–103	103–132	132–152
	n	13	24	18	34	46	41	23	23
30	Δt	7–23	23–45	45–61	61–83	83–104	104–121	121–146	146–163
	n	23	34	21	29	47	10	19	12

Тест 1

Основні поняття та визначення теорії надійності

Вибір одного з багатьох.

1.1 З показників довговічності та збереження, середній термін використання від початку експлуатації об'єкта до його першого капітального ремонту, це:

- а) середній міжремонтний термін експлуатації;
- б) середній термін експлуатації до списання;
- в) гамма-відсотковий термін збереження;
- г) гамма-відсотковий термін експлуатації;
- д) середній термін експлуатації до капітального ремонту.

1.2 Багаторазово виникаюча самоусувна відмова об'єкта одного й того самого характеру, називається:

- а) залежна відмова;
- б) незалежна відмова;
- в) переміжна відмова (збій);
- г) раптова відмова;
- д) поступова відмова.

1.3 Відношення середнього напрацювання об'єкта в одиницях часу за деякий період експлуатації до суми середніх значень напрацювання, часу простою, зумовленого технічним обслуговуванням, та часу ремонтів за той же період експлуатації, це:

- а) нестационарний коефіцієнт оперативної готовності;
- б) коефіцієнт збереження ефективності;
- в) коефіцієнт технічного використання;
- г) середній коефіцієнт оперативної готовності;
- д) стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності.

1.4 Яка тимчасова характеристика об'єкта означає напрацювання об'єкта від початку його експлуатації до досягнення граничного стану:

- а) технічний ресурс;
- б) сумарне напрацювання;
- в) термін експлуатації;
- г) термін збереження;
- д) експлуатацією об'єкта.

1.5 Розподіл системи на елементи НЕ залежить від:

- а) характер розгляду;
- б) кількості ланок системи;

- в) необхідної точності дослідження;
- г) рівня наших уявлень;
- д) об'єкта в цілому.

1.6 Параметр потоку відмови може бути визначений як:

- а) відношення числа відмов об'єкта за певний інтервал часу до тривалості цього інтервалу при простому потоці відмов;
- б) щільність ймовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта, що визначається для моменту часу, що розглядається;
- в) умовна щільність ймовірності відновлення працездатності об'єкта, визначена для моменту часу, що розглядається, за умови, що до цього моменту відновлення не було завершено;
- г) умовна щільність ймовірності відмови невосстановлюемого об'єкта, що визначається для моменту часу, що розглядається, за умови, що до цього моменту відмова не виникла;
- д) усереднене на заданому інтервалі значення нестационарного коефіцієнта оперативної готовності.

1.7 Відмова, що характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або декількох заданих параметрів об'єкта, називається:

- а) залежна відмова;
- б) незалежна відмова;
- в) перемежується відмова (збій);
- г) раптова відмова;
- д) поступова відмова.

1.8 Технічний виріб певного цільового призначення, що розглядається в періоди проектування, виробництва, випробувань та експлуатації, називається:

- а) ланка системи;
- б) пристрій;
- в) об'єкт;
- г) елемент системи;
- д) механізм.

1.9 Як вимірюється напрацювання:

- а) в одиницях часу;
- б) у циклах;
- в) в одиницях виробітку;
- г) в інших одиницях;
- д) у всіх перелічених.

1.10 При паралельному з'єднанні елементів:

- а) відмова хоча б одного елемента призводить до відмови всієї системи;
- б) система може переходити з одного стану до іншого;
- в) елемент, працездатний в одних умовах, може, залишаючись справним, виявитися непрацездатним в інших;
- г) відмова системи, не обумовлена відмовою одного об'єкта;
- д) відмова настає лише за одночасної відмови всіх елементів $Z^4 = \bar{Z}$, інші стани Z^1, Z^2, Z^3 є стан працездатності системи Z .

1.11 На який(і) стан(-и) підрозділяється фазовий простір при дослідженні надійності:

- а) працездатність;
- б) відмова;
- в) працездатність та відмова;
- г) справність;
- д) дефект.

1.12 З показників довговічності та збереження, сумарна напрацювання об'єкта, при досягненні якої експлуатація має бути припинена незалежно від його стану, це:

- а) середній ремонтний ресурс;
- б) гамма-відсотковий термін збереження;
- в) призначений ресурс;
- г) гама-відсотковий ресурс;
- д) середній термін збереження.

1.13 Відмова, що характеризується повільною зміною значень параметра об'єкта, називається:

- а) залежна відмова;
- б) незалежна відмова;
- в) перемежується відмова (збій);
- г) раптова відмова;
- д) поступовий збій.

1.14 Справний стан об'єкта:

- а) це такий стан, при якому об'єкт відповідає хоча б одній вимозі нормативно-технічної та конструкторської документації;
- б) стан об'єкта до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту;
- в) відновлення справного чи працездатного станів;

г) це такий стан, за якого об'єкт відповідає всім вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації;

д) ймовірність того, що елемент, що відновлюється, виявиться працездатним у довільний момент часу.

1.15 Дефект – це подія, що полягає в:

а) порушення справного стану об'єкта;

б) порушення справного стану об'єкта, але що зберігає його працездатність;

в) у працездатному стані об'єкта значення всіх параметрів;

г) у працездатності об'єкта в одних умовах, залишаючись справним, але таким, що виявився непрацездатним в інших;

д) задоволення лише тих вимог нормативно-технічної та конструкторської документації, виконання яких забезпечує нормальне застосування об'єкта за призначенням.

1.16 Показник, що характеризує вплив ступеня надійності до максимально можливого значення цього показника (тобто відповідного стану повної працездатності всіх елементів об'єкта), це:

а) нестационарний коефіцієнт оперативної готовності;

б) коефіцієнт збереження ефективності;

в) коефіцієнт технічного використання;

г) середній коефіцієнт оперативної готовності;

д) стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності.

1.17 Відмова об'єкта, не обумовлена відмовою іншого об'єкта, називається:

а) залежна відмова;

б) незалежна відмова;

в) перемежується відмова (збій);

г) раптова відмова;

д) поступова відмова.

1.18 Якщо об'єкт безперервно зберігає працездатність протягом деякого напрацювання або протягом деякого часу, цей об'єкт має властивість:

а) довговічності;

б) збереження;

в) довговічності та збереження;

г) ремонтпридатності;

д) безвідмовності;

1.19 З показників довговічності та збереження, середній ресурс між суміжними капітальними ремонтами об'єкта, це:

- а) середній ресурс до списання;
- б) середній термін експлуатації;
- в) середній термін збереження;
- г) середній термін експлуатації до списання;
- д) середній ремонтний ресурс.

1.20 Експлуатаційна надійність обумовлена:

- а) станом апаратів;
- б) якістю програмного забезпечення (програм, алгоритмів дій, інструкцій тощо);
- в) якістю використання та обслуговування;
- г) виконанням деякої функції (або комплексу функцій), що покладаються на об'єкт, систему;
- д) залежністю від якості обслуговування об'єкта людиною-оператором.

1.21 Відмова об'єкта, зумовлена відмовою іншого об'єкта, називається:

- а) залежна відмова;
- б) незалежна відмова;
- в) перемежується відмова (збій);
- г) раптова відмова;
- д) поступова відмова.

1.22 З показників довговічності та збереження, тривалість зберігання, протягом якої в об'єкта зберігаються встановлені показники із заданою ймовірністю 1, – це:

- а) призначений ресурс;
- б) гамма-відсотковий термін збереження;
- в) середній ремонтний ресурс;
- г) гамма-відсотковий термін експлуатації;
- д) гама-відсотковий ресурс.

1.23 Усереднене на заданому інтервалі значення нестационарного коефіцієнта оперативної готовності називається:

- а) нестационарний коефіцієнт оперативної готовності;
- б) коефіцієнт збереження ефективності;
- в) коефіцієнт технічного використання;
- г) середній коефіцієнт оперативної готовності;
- д) стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності.

1.24 Перехід об'єкта в граничний стан тягне за собою:

- а) виникнення дефекту;
- б) тільки остаточне припинення його експлуатації;
- в) тимчасове або остаточне припинення його експлуатації;
- г) тільки тимчасове припинення його експлуатації;
- д) зниження працездатності об'єкта.

1.25 Поява відмови в роботі інформаційної системи означає:

- а) настання граничного стану системи;
- б) зниження показників надійності програмного забезпечення;
- в) порушення здатності системи виконувати задані функції;
- г) повну втрату програмного забезпечення;
- д) закінчення строку експлуатації елементів системи.

1.26 Яка надійність може поділятися на надійність конструктивну, схемну, виробничо-технологічну:

- а) експлуатаційна;
- б) функціональна;
- в) програмна;
- г) надійність системи «людина-машина»;
- д) апаратурна.

1.27 З показників довговічності та збереження, середній ресурс об'єкта від початку експлуатації до його списання це:

- а) середній ремонтний ресурс;
- б) середній термін експлуатації;
- в) середній міжремонтний термін експлуатації;
- г) середній ресурс до списання;
- д) середній термін збереження.

1.28 Ремонтопридатність характеризується:

а) пристосованістю до попередження та виявлення причин відмов, ушкоджень;

б) відновленням працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтів;

в) сукупністю технологічності при технічному обслуговуванні та ремонтній технологічності об'єктів;

- г) а та б;
- д) а, б і в.

1.29 Імовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у заданий момент часу, що відраховується від початку роботи (або від іншого строго певного моменту часу), для якого відомий початковий стан цього об'єкта, називається:

- а) нестационарний коефіцієнт оперативної готовності;
- б) коефіцієнт збереження ефективності;
- в) коефіцієнт технічного використання;
- г) середній коефіцієнт оперативної готовності;
- д) стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності.

1.30 Які бувають види надійності:

- а) апаратурна надійність, функціональна надійність, експлуатаційна надійність, програмна надійність, надійність системи «людина-машина»;
- б) апаратурна надійність, функціональна надійність, експлуатаційна надійність;
- в) апаратурна надійність, функціональна надійність, експлуатаційна надійність, програмна надійність, надійність системи «людина-машина», надійність системи «людина-оператор»;
- г) функціональна надійність, експлуатаційна надійність, програмна надійність;
- д) надійність системи «людина-машина», надійність системи «людина-оператор».

1.31 З показників довговічності та збереження, середній термін експлуатації між суміжними капітальними ремонтами об'єкта – це:

- а) середній міжремонтний термін експлуатації;
- б) середній термін експлуатації до списання;
- в) гамма-відсотковий термін збереження;
- г) гамма-відсотковий термін експлуатації;
- д) середній термін експлуатації до капітального ремонту.

1.32 Апаратурна надійність обумовлена:

- а) виконанням деякої функції (або комплексу функцій), що покладаються на об'єкт, систему;
- б) якістю програмного забезпечення (програм, алгоритмів дій, інструкцій тощо);
- в) якістю використання та обслуговування;
- г) станом апаратів;
- д) залежністю від якості обслуговування об'єкта людиною-оператором.

1.33 Яка тимчасова характеристика об'єкта позначає календарну тривалість експлуатації об'єкта від її початку або поновлення після капітального або середнього ремонту до граничного стану:

- а) технічний ресурс;
- б) сумарне напрацювання;
- в) термін експлуатації;
- г) термін збереження;
- д) експлуатацією об'єкта.

1.34 З показників довговічності та збереження, термін експлуатації, протягом якого об'єкт не досягає граничного стану з ймовірністю 1, – це:

- а) середній ремонтний ресурс;
- б) гама-відсотковий ресурс;
- в) середній термін експлуатації до списання;
- г) середній міжремонтний термін експлуатації;
- д) гамма-відсотковий термін експлуатації.

1.35 Якщо об'єкт безперервно зберігає справний та працездатний стан протягом (і після) зберігання та (або) транспортування, то цей об'єкт має властивість:

- а) довговічності;
- б) збереження;
- в) довговічності та збереження;
- г) ремонтпридатності;
- д) безвідмовності.

1.36 Оцінка небезпеки різних виробничих об'єктів полягає у визначенні:

- а) помилкових дій операторів технічних систем;
- б) виникнення можливих надзвичайних ситуацій, руйнівних впливів пожеж та вибухів на ці об'єкти;
- в) високого енергетичного рівня технічних систем;
- г) впливу небезпечних факторів пожеж та вибухів на людей;
- д) б і г.

1.37 Властивість об'єкта, що полягає у пристосованості до попередження та виявлення причин відмов, пошкоджень та відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтів, називається:

- а) довговічністю;
- б) збереженістю;
- в) довговічністю і збереженістю;

- г) ремонтпридатністю;
- д) безвідмовністю.

1.38 Причинами виробничих відмов об'єктів є процеси, події та стани:

- а) що виникли внаслідок порушення встановлених правил та (або) умов експлуатації об'єкта;
- б) що виникли внаслідок недосконалості або порушення встановленого процесу виготовлення об'єкта;
- в) що виникли внаслідок недосконалості та порушення встановлених правил та (або) норм конструювання об'єкта;
- г) дефектів об'єкта, що з'явилися;
- д) що виникли внаслідок недосконалості чи порушення встановленого процесу виготовлення, монтажу, налагодження чи ремонту об'єкта, якщо він виконувався на ремонтному підприємстві.

1.39 Задане напрацювання – це:

- а) математичне сподівання випадкового напрацювання об'єкта до першої відмови;
- б) напрацювання, протягом якого об'єкт повинен безвідмовно працювати для виконання своїх функцій;
- в) відношення напрацювання об'єкта, що відновлюється, за деякий період часу до математичного сподівання кількості відмов протягом цього напрацювання;
- г) усереднене на заданому інтервалі часу значення нестационарного коефіцієнта готовності;
- д) напрацювання, протягом якої об'єкт не досягає граничного стану із заданою ймовірністю 1-.

1.40 Процес функціонування об'єкта можна виразити формулою:

- а) $Z = \begin{cases} Z, n_{pu} & t \in \xi_i \\ \bar{Z}, n_{pu} & t \in \eta_i \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots;$
- б) $Z(t) = [Z_1(t), \dots, Z_n(t)] \quad j = \overline{1, n};$
- в) $Z_1 = (Z_1, Z_2), Z_2 = (\bar{Z}_1, Z_2), Z_3 = (Z_1, \bar{Z}_2), Z_4 = (Z_1, Z_2);$
- г) $Y(t) = [Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_n(t)];$
- д) $Y(t) = n(t)/N_0.$

Тест 2

Кількісні показники надійності

Вибір одного з багатьох.

2.1. Показники надійності – це:

- а) кількісні характеристики однієї чи кількох властивостей, що становлять надійність об'єкта;
- б) якісні характеристики однієї чи кількох властивостей, що становлять надійність об'єкта;
- в) кількісні характеристики однієї чи кількох властивостей, що становлять елементи об'єкта;
- г) якісні характеристики однієї чи кількох властивостей, що становлять елементи об'єкта;
- д) якісні характеристики однієї якості, що становить елементи об'єкта.

2.2. Критерієм надійності називається ознака, за якою можна:

- а) кількісно оцінити надійність різних пристроїв;
- б) якісно оцінити надійність різноманітних пристроїв;
- в) кількісно оцінити можливість безвідмовної роботи різних пристроїв;
- г) якісно оцінити можливість безвідмовної роботи різних пристроїв;
- д) кількісно оцінити відмову різних пристроїв.

2.3. Критеріями надійності є:

- а) щільність розподілу часу безвідмовної роботи, частота відмов, інтенсивність відмов;
- б) частота відмов, інтенсивність відмов, можливість безвідмовної роботи;
- в) частота відмов, інтенсивність відмов, середнє напрацювання до першої відмови, щільність розподілу часу безвідмовної роботи;
- г) ймовірність безвідмовної роботи, частота відмов, інтенсивність відмов, середнє напрацювання до першої відмови.

2.4. Властивості функції ймовірності безвідмовної роботи системи:

- а) $1 \geq P(t) \geq 0$, $P(0) = 1$, $P(\infty) = 0$;
- б) $0 \leq P(t) \leq 1$, $P(0) = 0$, $P(\infty) = 1$;
- в) $-1 \leq P(t) \leq 1$, $P(0) = 0$, $P(\infty) = 1$;
- г) $1 \geq P(t) \geq 0$, $P(0) = 0$, $P(\infty) = 1$;
- д) $0 \leq P(t) \leq 1$, $P(0) = 1$, $P(\infty) = 0$.

2.5. Статистично ймовірність безвідмовної роботи розраховується за формулою:

$$\text{a) } P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(t)}{N_0} ;$$

$$\text{б) } P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 1 \\ N_0 \rightarrow 0}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(t)}{N_0} ;$$

$$\text{в) } P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{T_0 + \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{T_0} \approx \frac{T(t)}{T_0} ;$$

$$\text{г) } P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(n)}{N_0} ;$$

$$\text{д) } P(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0 \\ N_0 \rightarrow \infty}} \frac{N_0 + \sum_{i=1}^{t/\Delta t} n_i}{N_0} \approx \frac{N(t)}{N_0} .$$

2.6. За якою формулою розраховується можливість відмови:

$$\text{а) } Q(t) = P(T \leq t);$$

$$\text{б) } \bar{Q}(t) = n(t)/N_0;$$

$$\text{в) } Q(t) = 1 - P(t);$$

г) а та в;

д) а, б та в.

2.7. Виберіть правильне визначення інтенсивності відмов:

а) інтенсивністю відмов за статистичними даними називається відношення числа виробів, що відмовили, в одиницю часу до середньої кількості виробів, що справна працюють в даний відрізок часу;

б) інтенсивністю відмов за статистичними даними називається добуток кількості виробів, що відмовили, в одиницю часу і середньої кількості виробів, що справна працюють у даний відрізок часу;

в) інтенсивністю відмов за статистичними даними називається відношення числа справних виробів в одиницю часу до середньої кількості виробів, що відмовили, в даний відрізок часу;

г) інтенсивністю відмов за статистичними даними називається добуток числа справних виробів в одиницю часу і середньої кількості виробів, що відмовили, в даний відрізок часу;

д) інтенсивністю відмов за статистичними даними називається відношення числа виробів, що відмовили, в одиницю часу до середньої кількості виробів, що взагалі не працюють у даний відрізок часу.

2.8. За якою формулою визначається інтенсивність відмов:

а) $\lambda(t) = n(\Delta t) / (N_{cp} \Delta t)$;

б) $\lambda(t) = n(\Delta t) * (N_{cp} \Delta t)$;

в) $\lambda(t) = n(\Delta t) / (P_{cp} \Delta t)$;

г) $\lambda(t) = n(\Delta t) * (P_{cp} \Delta t)$;

д) $\lambda(t) = n(\Delta t) - (N_{cp} \Delta t)$.

2.9. Якою залежністю пов'язані між собою інтенсивність відмов та ймовірність безвідмовної роботи:

а) $P(t) = \exp \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right)$;

б) $P(t) = \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right)$;

в) $P(t) = \exp \left(\int_0^t \lambda(t) dt \right)$;

г) $P(t) = \exp \left(- \int_0^\infty \lambda(t) dt \right)$;

д) $P(t) = \int_0^\infty \lambda(t) dt$.

2.10. Скільки ділянок має крива інтенсивності відмов:

а) 3;

б) 2;

в) 4;

г) 1;

д) 5.

2.11. Що характерно для періоду обробки на кривій інтенсивності відмов:

а) відмови з вини проєктувальників;

б) відмови з вини конструкторів;

в) відмови з вини виробників;

г) раптові відмови об'єктів;

д) всі перераховані вище.

2.12. Для якого періоду кривої інтенсивності відмов характерно найменшу кількість відмов:

а) період опрацювання;

- б) період напрацювання;
- в) період нормальної експлуатації;
- г) період інтенсивного зносу та старіння;
- д) всім перелічених вище періодів характерно.

2.13. На якому періоді кривої інтенсивності відмов подальша експлуатація об'єктів є недоцільною:

- а) період опрацювання;
- б) період напрацювання;
- в) період нормальної експлуатації;
- г) період інтенсивного зносу та старіння;
- д) всім перелічених вище періодів характерно.

2.14. Як обчислюється середнє напрацювання:

- а) $T_{cp} = M[t] = \int_{-1}^1 tf(t)dt;$
- б) $T_{cp} = M[t] = \int_{-\infty}^{+\infty} tf(t)dt;$
- в) $T_{cp} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt;$
- г) $T_{cp} = \int_0^t P(t)dt;$
- д) $T_{cp} = \int_0^{\infty} \lambda(t)dt.$

2.15. Що потрібно знати для визначення середнього напрацювання до першої відмови:

- а) моменти виходу з експлуатації всіх випробуваних елементів;
- б) момент виходу з експлуатації одного випробуваного елемента;
- в) час безвідмовної роботи системи;
- г) інтенсивність зносу;
- д) інтенсивність відмови.

2.16. Які роботи здійснюються у процесі експлуатації виробу:

- а) роботи з підтримки працездатності;
- б) роботи з відновлення працездатності;
- в) ремонтні роботи;
- г) профілактичні роботи;
- д) всі перераховані вище варіанти.

2.17. Дайте правильне визначення параметра потоку відмов:

а) параметром потоку відмов називається відношення числа виробів, що відмовили, в одиницю часу до тих, що випробовуються за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними (новими або відремонтованими);

б) параметром потоку відмов називається добуток числа виробів, що відмовили, в одиницю часу і числа випробовуваних за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними (новими або відремонтованими);

в) параметром потоку відмов називається відношення числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу до тих, що відмовили за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними (новими або відремонтованими);

г) параметром потоку відмов називається добуток кількості випробовуваних виробів в одиницю часу до тих, що відмовили за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними (новими або відремонтованими);

д) параметром потоку відмов називається відношення числа випробовуваних виробів в одиницю часу до тих, хто відмовив без заміни на справні вироби.

2.18. Які показники надійності притаманні лише елементам, що відновлюються:

а) середнє напрацювання на відмову, напрацювання між відмовами, можливість відновлення, середній час відновлення, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання;

б) момент виходу з ладу випробовуваного елемента, середній час відновлення, середнє напрацювання на відмову, час безвідмовної роботи системи, інтенсивність зносу;

в) час безвідмовної роботи системи; коефіцієнт готовності, інтенсивність відмови, середній час відновлення;

г) інтенсивність зносу, інтенсивність відмови, середнє напрацювання на відмову, напрацювання між відмовами;

д) середнє напрацювання на відмову, напрацювання між відмовами, ймовірність відновлення, середній час відновлення, інтенсивність відмови.

2.19. Що належати до комплексних показників надійності об'єктів:

а) час безвідмовної роботи системи;

б) період нормальної експлуатації;

в) інтенсивність відмови;

г) середній час відновлення;

д) коефіцієнт оперативної готовності, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання.

2.20. Виберіть правильне визначення коефіцієнта готовності:

а) коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об’єкт опиниться у працездатному стані в довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об’єкта за призначенням не передбачається;

б) коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що об’єкт опиниться в не робочому стані у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об’єкта за призначенням не передбачається;

в) коефіцієнт готовності – твір числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу і числа тих, що відмовили за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;

г) коефіцієнт готовності – відношення числа виробів, що відмовили, в одиницю часу до тих, хто випробовується за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;

д) коефіцієнт готовності – ознака, яким можна кількісно оцінити надійність різних пристроїв.

2.21. Коефіцієнт готовності визначається за формулою:

а) $K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_e}$;

б) $K_r = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t)dt\right)$;

в) $K_r = n(\Delta t)/(N_{cp}\Delta t)$;

г) $K_r = \frac{N(t)}{N_0}$;

д) $K_r = \exp\left(\int_0^t \lambda(t)dt\right)$.

2.22. Як визначається коефіцієнт оперативної готовності:

а) $K_{or} = K_r P(t_{or})$;

б) $K_{or} = K_r + P(t_{or})$;

в) $K_{or} = K_r / P(t_{or})$;

г) $K_{or} = K_r - P(t_{or})$;

д) $K_{or} = K^{2r} P(t_{or})$.

2.23. Коефіцієнт оперативної готовності характеризує:

а) можливість безвідмовної роботи;

б) надійність об'єктів, необхідність застосування яких виникає у довільний момент часу;

в) інтенсивність відмов;

г) напрацювання на відмову;

д) середній час відновлення.

2.24. Коефіцієнт технічного використання – це:

а) відношення числа виробів, що відмовили, в одиницю часу до тих, хто випробовується за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;

б) твір числа виробів, що відмовили, в одиницю часу і числа випробовуваних за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними (новими або відремонтованими);

в) ознака, яким можна кількісно оцінити ймовірність безвідмовної роботи різних пристроїв;

г) відношення числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу до тих, що відмовили за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;

д) відношення математичного очікування інтервалів часу перебування об'єкта у станах простоїв, зумовлених технічним обслуговуванням та ремонтами, за той самий період експлуатації.

2.25. Коефіцієнт технічного використання розраховується за такою формулою:

$$\text{а) } K_{ТИ} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p - \bar{t}_{mo} + \bar{t}_{рем}};$$

$$\text{б) } K_{ТИ} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p + \bar{t}_{mo} + \bar{t}_{рем}};$$

$$\text{в) } K_{ТИ} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p + \bar{t}_{mo} - \bar{t}_{рем}};$$

$$\text{г) } K_{ТИ} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p - \bar{t}_{mo} - \bar{t}_{рем}};$$

$$\text{д) } K_{ТИ} = \frac{\bar{t}_0}{\bar{t}_0 + \bar{t}_{mo} - \bar{t}_{рем}}.$$

2.26. Коефіцієнт технічного використання характеризує:

а) частку часу знаходження об'єкта та у працездатному стані щодо аналізованої тривалості експлуатації;

- б) надійність об'єктів, необхідність застосування яких виникає у довільний момент часу;
- в) середній час відновлення;
- г) ознака, яким можна кількісно оцінити надійність різних устроїв;
- д) напрацювання на відмову.

2.27. Коефіцієнт запланованого застосування:

- а) є частка періоду експлуатації, протягом якої об'єкт не повинен перебувати на ціановому технічному обслуговуванні та ремонті;
- б) характеризує надійність об'єктів, необхідність застосування яких виникає у довільний момент часу;
- в) становить відношення числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу до тих, що відмовили за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;
- г) твір числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу і числа тих, хто відмовив за умови, що всі вироби, що вийшли з ладу, замінюються справними;
- д) відношення числа випробовуваних виробів в одиницю часу до тих, хто відмовив без заміни на справні вироби.

2.28. Коефіцієнт збереження ефективності – це:

- відношення значення показника ефективності за певну тривалість експлуатації E до номінального значення цього показника E_0 , обчисленому за умови, що відмови об'єкта протягом того ж періоду експлуатації не виникають;
- відношення числа виробів, що випробовуються, в одиницю часу до тих, хто відмовив без заміни на справні вироби;
- відношення значення показника надійності за певну тривалість відмови E до номінального значення цього показника E_0 , обчисленому за умови, що експлуатація об'єкта протягом того ж періоду не припиняється;
- ознака, яким можна кількісно оцінити ймовірність безвідмовної роботи різних пристроїв;
- ознака, яким можна кількісно оцінити відмову різних пристроїв.

2.29. Коефіцієнт збереження ефективності розраховується за такою формулою:

- а) $K_{E\Phi} = \frac{E}{E_0}$;
- б) $K_{E\Phi} = E \cdot E_0$;
- в) $K_{E\Phi} = E + E_0$;
- г) $K_{E\Phi} = E - E_0$;

д) $K_{E\Phi} = (E + E_0)^2$.

2.30. Показник ефективності – це:

- а) показник якості, що характеризує виконання об'єктом його функцій;
- б) ознака, яким можна кількісно оцінити відмову різних пристроїв;
- в) показник надійності об'єктів, необхідність застосування яких виникає у довільний момент часу;
- г) показник інтенсивності відмови;
- д) показник інтенсивності зносу.

Практична робота 2

Теоретичні розподіли часу напрацювання до відмови

Задача 1

Нехай час напрацювання до відмови системи підпорядковується **експоненціальному розподілу** з інтенсивністю відмов $\lambda = 0.02$ відмов на годину. Знайти ймовірність того, що система працюватиме **без відмови** протягом 50 годин.

Розв'язання. Експоненціальний розподіл визначається так:

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

Підставляємо $\lambda = 0.02$ і $t = 50$:

$$P(T > 50) = e^{-0.02 \times 50} = e^{-1} \approx 0.3679$$

Відповідь: імовірність того, що система працюватиме без відмови протягом 50 годин, дорівнює 36.79 %.

Задача 2

Час напрацювання до відмови компонента має **експоненціальний розподіл** з параметром $\lambda = 0.05$. Знайти ймовірність того, що компонент **відмовить** протягом перших 30 годин.

Розв'язання. Імовірність відмови в перші t годин

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Підставимо $\lambda = 0.05$ і $t = 30$:

$$P(T \leq 30) = 1 - e^{-0.05 \times 30} = 1 - e^{-1.5} \approx 0.7769$$

Відповідь: імовірність відмови протягом 30 годин становить 77.69 %.

Задача 3

Час напрацювання до відмови пристрою **розподілений нормально** із середнім значенням $\mu = 1\,000$ годин і стандартним відхиленням $\sigma = 100$ годин. Яка ймовірність того, що пристрій відмовить раніше, ніж через 900 годин?

Розв'язання.

Дано:

Середнє значення (μ) = 1 000 годин.

Стандартне відхилення (σ) = 100 годин.

Час, для якого потрібно знайти ймовірність (X) = 900 годин.

Знайти ймовірність того, що пристрій відмовить раніше, ніж через 900 годин. Це еквівалентно знаходженню $P(X < 900)$, що можна виразити через Z .

Стандартна нормальна змінна Z визначається за формулою:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Стандартна нормальна змінна Z – це змінна, яка використовується в статистиці для перетворення нормально розподілених даних у стандартну нормальну форму. Стандартний нормальний розподіл є нормальним розподілом із середнім значенням 0 і стандартним відхиленням 1.

1. Стандартна нормальна змінна дозволяє порівнювати значення, які походять із різних нормальних розподілів, шляхом перетворення їх у єдину шкалу.

2. Використовуючи таблиці стандартного нормального розподілу (z -таблиці), можна обчислювати ймовірності для будь-якого нормально розподіленого значення.

$$\Phi(x) = P(Z \leq x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Підставляємо значення:

$$Z = \frac{900 - 1000}{100} = \frac{-100}{100} = -1$$

Для нормального розподілу використовуємо функцію стандартного нормального розподілу:

$$P(T \leq 900) = P\left(Z \leq \frac{900 - 1000}{100}\right) = P(Z \leq -1)$$

Потрібно знайти значення ймовірності для $Z < -1$ за допомогою z-таблиці. Z-таблиця зазвичай показує ймовірності для Z від -3.4 до 3.4 (хоча в більшості таблиць вказується лише для позитивних значень, оскільки стандартний нормальний розподіл є симетричним).

Розподіл Z є симетричним відносно осі $Z = 0$. Це означає, що:

$$P(Z < -z) = P(Z > z)$$

У z-таблиці для $Z = -1$ знайдемо значення:

$$P(Z < -1) \approx 0.1587$$

Відповідь: ймовірність того, що пристрій відмовить раніше 900 годин, дорівнює 15.87 %.

Задача 4

Час напрацювання до відмови системи має **експоненціальний розподіл** з параметром $\lambda = 0.01$ відмов на годину. Знайти середній час напрацювання до відмови.

Розв'язання. Середній час напрацювання до відмови для експоненціального розподілу обчислюють так:

$$M(T) = \frac{1}{\lambda}$$

При $\lambda = 0.01$:

$$M(T) = \frac{1}{0.01} = 100 \text{ годин}$$

Відповідь: середній час напрацювання до відмови дорівнює 100 годин.

Задача 5

Час напрацювання до відмови підпорядковується **розподілу Вейбулла** з параметрами $k=1.5$ і $\lambda=500$. Знайти ймовірність того, що система відмовить протягом 400 годин.

Для розподілу Вейбула показники безвідмовності мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}p(t) &= e^{-\eta t^\delta}; \\f_T(t) &= \eta \delta t^{\delta-1} e^{-\eta t^\delta}; \\ \lambda(t) &= \eta \delta t^{\delta-1}; \\ T_{cp} &= \eta^{-\frac{1}{\delta}} \Gamma(1 + \frac{1}{\delta}),\end{aligned}$$

де $\eta > 0$ – параметр масштабу; $\delta > 0$ – параметр форми; $\Gamma(x)$ – гамма-функція.

Розв’язання. Для розподілу Вейбулла ймовірність відмови обчислюється так:

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-(t/\lambda)^k}$$

Підставляємо $t = 400$, $\lambda = 500$, $k = 1.5$:

$$P(T \leq 400) = 1 - e^{-(400/500)^{1.5}} \approx 1 - e^{-0.512} \approx 0.4005$$

Відповідь: ймовірність відмови протягом 400 годин становить 40.05 %.

Задача 6

Час напрацювання до відмови пристрою підпорядковується експоненціальному розподілу з інтенсивністю $\lambda = 0.04$. Запишіть функцію щільності ймовірності цього розподілу та знайдіть її значення для $t = 25$.

Розв’язання. Функція щільності ймовірності для експоненціального розподілу

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

Підставляємо $\lambda = 0.04$ і $t = 25$:

$$f(25) = 0.04 e^{-0.04 \times 25} = 0.04 e^{-1} \approx 0.0147$$

Відповідь: значення функції щільності ймовірності для $t = 25$ становить 0.0147.

Задача 7

Час напрацювання до відмови системи описується розподілом Вейбулла з параметрами $k = 2$ і $\lambda = 1\,000$. Знайти ймовірність того, що система пропрацює без відмови більше ніж 800 годин.

Розв'язання. Імовірність безвідмовної роботи для розподілу Вейбулла

$$P(T > t) = e^{-(t/\lambda)^k}$$

Підставляємо $t = 800$, $\lambda = 1000$, $k = 2$:

$$P(T > 800) = e^{-(800/1000)^2} = e^{-0.64} \approx 0.5273$$

Відповідь: імовірність безвідмовної роботи системи протягом 800 годин становить 52.73 %.

Задача 8

Час напрацювання до відмови підпорядковується розподілу Вейбулла з параметрами $k = 3$ і $\lambda = 600$. Знайдіть середній час безвідмовної роботи системи (рис. 1).

Розв'язання. Середній час безвідмовної роботи для розподілу Вейбулла:

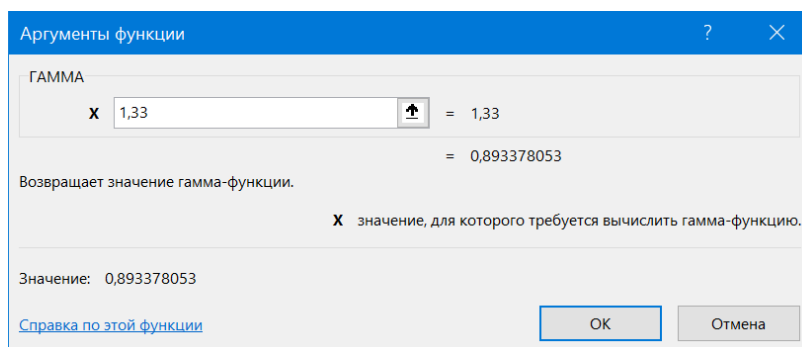


Рисунок 1 – Визначення середнього часу для розподілу Вейбулла

$$M(T) = 600 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{3}\right) \approx 600 \cdot \Gamma(1,33) = 600 \cdot 0,8934 = 536,0268$$

Відповідь: середній час безвідмовної роботи становить приблизно 536,0268 години.

Задача 9

Час напрацювання до відмови системи має експоненціальний розподіл з інтенсивністю $\lambda = 0.03$. Знайдіть ймовірність того, що система відмовить в інтервалі між 20 і 40 годинами.

Розв'язання. Імовірність відмови в інтервалі t_1 до t_2

$$P(t_1 < T \leq t_2) = P(T \leq t_2) - P(T \leq t_1)$$

$$\begin{aligned} P(20 < T \leq 40) &= (1 - e^{-0.03 \times 40}) - (1 - e^{-0.03 \times 20}) \\ &= (1 - e^{-1.2}) - (1 - e^{-0.6}) \approx 0.3012 - 0.4512 = 0.150 \end{aligned}$$

Відповідь: імовірність відмови в інтервалі від 20 до 40 годин становить 15 %.

Задача 10

Система складається з трьох послідовно з'єднаних елементів, час напрацювання кожного з яких підпорядковується експоненціальному розподілу з параметрами $\lambda_1 = 0.01$, $\lambda_2 = 0.015$ та $\lambda_3 = 0.02$. Знайти надійність системи на момент часу $t = 50$ годин.

Розв'язання. Надійність послідовної системи:

$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t)$$

Для кожного елемента:

$$R_i(t) = e^{-\lambda_i t}$$

$$R_1(50) = e^{-0.01 \times 50} = e^{-0.5} \approx 0.6065$$

$$R_2(50) = e^{-0.015 \times 50} = e^{-0.75} \approx 0.4724$$

$$R_3(50) = e^{-0.02 \times 50} = e^{-1} \approx 0.3679$$

Загальна надійність системи:

$$R(50) = 0.6065 \times 0.4724 \times 0.3679 \approx 0.1052$$

Відповідь: надійність системи на 50 годин становить приблизно 10.52 %.

Індивідуальне завдання 2

Задача 1 Надійність серверного компонента

Серверний компонент інформаційної системи має експоненціальний розподіл часу до відмови з параметром $\lambda = 0.01$ відмов на годину. Яка ймовірність того, що сервер пропрацює без відмови 200 годин?

Задача 2 Надійність жорсткого диска

Час напрацювання до відмови жорсткого диска підпорядковується експоненціальному розподілу з параметром $\lambda = 0.005$ відмов на годину. Яка ймовірність того, що диск пропрацює без відмови більше ніж 500 годин?

Задача 3 Надійність мережевого комутатора

Час напрацювання до відмови мережевого комутатора підпорядковується експоненціальному розподілу з параметром $\lambda = 0.005$ відмов на годину. Знайти ймовірність того, що комутатор пропрацює без відмови більше 100 годин.

Задача 4 Надійність бази даних

Час напрацювання до відмови бази даних підпорядковується експоненціальному розподілу з інтенсивністю відмов $\lambda = 0.02$ відмов на годину.

Знайти ймовірність того, що база даних відмовить протягом перших 50 годин роботи.

Задача 5 Середній час безвідмовної роботи маршрутизатора

Час напрацювання до відмови маршрутизатора має експоненціальний розподіл з параметром $\lambda = 0.01$. Знайти середній час безвідмовної роботи маршрутизатора.

Задача 6 Надійність серверної ферми

Серверна ферма складається з трьох серверів, кожен з яких має експоненціальний розподіл часу напрацювання до відмови з інтенсивностями відмов $\lambda_1 = 0.02$, $\lambda_2 = 0.015$ і $\lambda_3 = 0.01$ відмов на годину. Знайти загальну надійність ферми на момент часу 50 годин, якщо сервери працюють незалежно один від одного.

Задача 7 Час безвідмовної роботи системи моніторингу

Система моніторингу має нормальний розподіл часу напрацювання до відмови з середнім значенням $\mu = 2000$ годин і стандартним відхиленням $\sigma = 200$ годин. Яка ймовірність того, що система відмовить раніше, ніж через 1 800 годин?

Задача 8 Надійність резервованої системи з двома компонентами

У системі використовуються два однакові компоненти з розподілом часу до відмови, який підпорядковується експоненціальному закону з параметром $\lambda = 0.03$ відмов на годину. Система працює за принципом резервування: якщо один компонент відмовляє, інший продовжує роботу. Знайти ймовірність того, що система працюватиме безвідмовно більше 100 годин.

Задача 9 Середній час безвідмовної роботи для серверного обладнання

Час напрацювання до відмови серверного обладнання підпорядковується розподілу Вейбулла з параметрами $k = 2$ і $\lambda = 1\,200$ годин. Знайти середній час безвідмовної роботи обладнання.

Задача 10 Ймовірність відмови кластера серверів

Час напрацювання до відмови кластерної системи серверів описується розподілом Вейбулла з параметрами $k = 1.8$ і $\lambda = 1\,500$ годин. Яка ймовірність того, що система відмовить протягом перших 1 200 годин?

Тест 3

Теоретичні закони розподілу відмов

Вибір одного з багатьох.

3.1. При аналізі надійності об'єктом дослідження є:

- а) різноманітні фактори надійності;
- б) відмови елементів;
- в) випадкові події та величини;
- г) тільки випадкові події;
- д) тільки випадкові величини.

3.2. Експонентний закон розподілу називають

- а) ймовірним законом надійності;
- б) основним законом надійності;
- в) другорядним законом надійності;
- г) масовим законом надійності;
- д) постійним законом надійності.

3.3. Вможливість відмови експоненційного закону за час t визначається за формулою:

- а) $Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$;
- б) $Q(t) = 1 - \log 12$;
- в) $Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t) + 1000$;
- г) $M = -ma$;
- д) $Q(t) = i + j + k$.

3.4. Щільність ймовірності відмов експоненційного закону знаходимо за формулою:

- а) $f(t) = \partial Q / \partial t = a * b$;
- б) $f(t) = m * a$;
- в) $f(t) = \partial R / \partial t = 1000(13 - t)$;
- г) $f(t) = \partial Q / \partial t = \lambda \exp(-\lambda t)$;
- д) $f(t) = \partial Q / \partial t$.

3.5. Середнє напрацювання повністю експоненційного закону визначається за формулою:

$$\text{а) } T_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} S(t) dt = 1/\lambda ;$$

$$\text{б) } T_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt = 4/\lambda ;$$

$$\text{в) } T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt = 1/\lambda ;$$

$$\text{г) } T_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt = 2/\lambda ;$$

$$\text{д) } T_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} P(t) dt = 1/\lambda .$$

3.6. Дисперсія часу роботи експоненційного закону до виникнення відмови:

$$\text{а) } D(t) = \int_0^{\infty} (t - T_{cp})^2 f(t) dt = 1/\lambda^2 ;$$

$$\text{б) } c^2 = a^2 + b^2 ;$$

$$\text{в) } T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt = 1/\lambda ;$$

$$\text{г) } D(t) = \cos(1/2) = 1/\lambda^2 ;$$

$$\text{д) } Q(t) = \int_0^{\infty} (k - T_{cp})^2 f(t) dt = 1/\lambda^2 .$$

3.7. Середньоквадратичний час роботи експоненційного закону:

$$\text{а) } \sigma(t) = T_{cp} ;$$

$$\text{б) } P(t) = D ;$$

$$\text{в) } A = T_{cp} ;$$

$$\text{г) } m(t) = T_{cp} ;$$

$$\text{д) } \sigma(t) = 2D^5 .$$

3.8. Гамма-розподіл є:

а) обмеженим розподілом;

б) двопараметричним розподілом;

в) безпараметричним розподілом;

г) трипараметричним розподілом;

д) двопараметричним розподілом.

3.9. Щільність гамма-розподілу має обмеження з одного боку

а) $(1 \leq x \leq \infty)$;

б) $(0 \leq x \leq 1)$;

в) $(0 \leq x \leq \infty)$;

г) $(-\infty \leq x \leq \infty)$;

д) $(-\infty \leq x \leq 0)$.

3.10. При гамма-розподілі щільність ймовірності відмови пристрою за час t :

а) $T = F + 3G$

б) $f(t) = \frac{\lambda_0^k t^{k-1}}{(k-1)!} \exp(-\lambda_0 t)$;

в) $T_{cp} = \frac{\lambda_0^k t^{k-1}}{(k-1)!} (-\lambda_0 t)$;

г) $f(n) = \exp(-\lambda_0 t) + \frac{1200}{2\pi}$;

д) $X = W * ERT$.

3.11. Середнє напрацювання до відмови при гамма-розподілі визначається за формулою:

а) $T_{cp} = k/\lambda_0$;

б) $T_{cp} = k/A * S + 00.3$;

в) $\mu = \Omega^2 + \Psi^2$;

г) $a = kx + b$;

д) немає правильного варіанту.

3.12. Інтенсивність відмови пристрою при гамма-розподілі визначається за формулою:

а) $a = kx + b$;

б) $Y = GHJ20 + 13J$;

в) $\lambda(t) = \frac{\lambda_0}{(k-1)!} + \varpi_{23} * \sin 45$;

г) $\lambda(t) = \frac{\lambda_0}{(k-1)!} \frac{(\lambda_0 t)^{k-1}}{\sum_{i=0}^{k-1} \frac{1}{i!} (\lambda_0 t)^i}$;

д) $D = 11Q + 144E^{12}$.

3.13. Ймовірність безвідмовної роботи пристрою при гамма-розподілі:

а) $D = \sum x_n + \sum y_n$;

б) $T = \int x_1 + j_k$;

в) $J = (1 - 2\pi) * \sum y_n^4$;

г) $Z = 474 + S_n * \alpha^3$;

д) $P(t) = \exp(-\lambda_0 t) \sum_{i=0}^{k-1} \frac{1}{i!} (\lambda_0 t)^i$.

3.14. Математичне сподівання при гамма-розподілі:

а) $M_x = \lambda_0 / k$;

б) $M_x = k(n) / \lambda_0$;

в) $M_x = k / \lambda_0$;

г) $M_x = 1 / \lambda_0$;

д) $M_x = k / 2\lambda_0$.

3.15. Щільність розподілу відмов розподілу Вейбулла описується залежністю:

а) $f(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} \exp(-\lambda_0 t^\alpha)$;

б) $f(t) = \sum 11\mu$;

в) $f(t) = \iint x^2 + \rho^2$;

г) $f(t) = \lambda_0 \exp(-\lambda_0 t^\alpha) + 300$;

д) $f(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1} \exp(-\lambda_0 t^\alpha) * 2m + 400$.

3.16. Можливість безвідмовної роботи розподілу Вейбулла під час t визначається за формулою:

а) $P(t) = 2 \exp(-\lambda_0 t^\alpha) / 2\pi$;

б) $U = 1 + 12.5\lambda^{-9}$;

в) $P(t) = \log(-\lambda_0 t^\alpha) + 1/\log 5$;

г) $P(t) = \exp(-\lambda_0 t^\alpha)$;

д) $P(t) = \frac{\log 56}{2}$.

3.17. Інтенсивність відмов розподілу Вейбулла визначається за формулою:

а) $\mu = \Omega^2 + \Psi^2$;

б) $\lambda(t) = \alpha \lambda_0 t^{\alpha-1}$;

в) $\nu = \alpha \cos 45;$

г) $\lambda(t) = \alpha \lambda_0 t + 12.5;$

д) $\lambda(t) = \alpha f E / 32 \log 23.$

3.18. Середнє напрацювання до відмови розподілу Вейбулла визначається з такого виразу:

а) $T_{cp} = \frac{\Gamma(1/\alpha + 1)}{\lambda_0^{1/\alpha}};$

б) $T_{cp} = \frac{\zeta}{\Gamma};$

в) $T_{cp} = \frac{\Gamma(1/\alpha + 2)}{\lambda_0^{1/\alpha}} + \arccos 28 ;$

г) $\psi = 12 \frac{\alpha \lambda}{\zeta \nu};$

д) $T_{cp} = \frac{\Gamma(1/\alpha + 1)}{2x * 187y}.$

3.19. При розподілі Вейбулла математичне сподівання випадкової величини x дорівнює:

а) $\exists = \frac{1}{2\rho} + \Delta\partial;$

б) $C = \Gamma(1 - 120nm);$

в) $M_x = \Gamma(1 + 1/\alpha) \lambda_0^{-1/2};$

г) $M_x = 5 * x / 54\omega;$

д) $\delta = \Gamma^2 / jkl.$

3.20. Дисперсія випадкової величини розподілу Вейбулла дорівнює:

а) $D_x = \lambda_0^{-2/\alpha} [\Gamma(1 + 2/\alpha) - \Gamma^2(1 + 1/\alpha)];$

б) $\lambda(t) = \lambda_0 t^{\alpha-1};$

в) $T_{cp} = \frac{\Gamma(1/\alpha + 1)}{2};$

г) $M_x = \lambda_0 / k;$

д) $f(t) = \frac{\sqrt{2\pi}}{2} \exp[-(t - T_{cp})^2 / 2\sigma^2].$

3.21. Нормальний закон розподілу називається законом:

а) Віккерса;

б) Вебера – Фехнера;

- в) Розенброка;
- г) Коновалова;
- д) Гауса.

3.22. У теорії надійності нормальний закон розподілу використовують для опису:

- а) постійних відмов;
- б) тимчасових відмов;
- в) стабільних відмов;
- г) поступових відмов;
- д) дубльованих відмов.

3.23. Щільність розподілу відмов нормального закону розподілу описується формулою:

- а) $\xi = \frac{13\Omega}{\Delta M}$;
- б) $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - T_{cp})^2 / 2\sigma^2\right]$;
- в) $f(t) = \hbar - \Phi^2$;
- г) $\exists = \frac{1}{2\rho} + \Delta\partial$;
- д) $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} + 18G + N95$.

3.24. Ймовірність відмови за час t нормального закону розподілу можна описати за формулою:

- а) $F(t) = \int_{-\infty}^0 f(t)dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-(t - T_{cp})^2 / 2\sigma^2\right]$;
- б) $A = ijk + 2E$;
- в) $F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \Delta X$;
- г) $M_x = \Gamma(1 + 1/\alpha)\lambda$;
- д) $F(t) = 11x + b$.

3.25. Ймовірність безвідмовної роботи нормального закону розподілу за час t :

- а) $N = tg \frac{1}{2} + 14.5\gamma$;
- б) $N = ert12 + rty21$;

в) $Z = \alpha^2 + \beta^3$;

г) $P(t) = x(\eta + \nu * \partial)$;

д) $P(t) = 1 - Q(t) = 1 - [0,5 + \Phi(u)] = 0,5 - \Phi(u) \cdot -N = \operatorname{tg} \frac{1}{2} + 14,5\gamma$;

3.26. Розподіл Релея – це:

а) монотонний розподіл ймовірностей;

б) головний розподіл ймовірностей;

в) основний розподіл ймовірностей;

г) безперервний розподіл ймовірностей;

д) перервний розподіл ймовірностей.

3.27. Частота відмов (функція щільності розподілу ймовірності відмов) розподілу Релея визначається:

а) $f(t) = t / \sigma^2 \exp(-t^2 / 2\sigma^2)$;

б) $\exists = \frac{1}{2\rho} + \Delta\partial$;

в) $M_x = \lambda_0 / k$; г) $\Theta = t / \sigma^2 + 3\phi$;

д) $f(t) = \frac{\exp(-t^2 / 2\sigma^2)}{\alpha\beta\gamma}$.

3.28. Можливість безвідмовної роботи розподіл Релея обчислюється за виразом:

а) $Z = \alpha^2 + \beta^3$;

б) $P(t) = (-3 / 2\sigma^2) + 2\sin * 2\cos$;

в) $P(t) = \exp(-t^2 / 2\sigma^2)$;

г) $G = 2\forall / \mathcal{G}$;

д) $S(t) = \log 13$.

3.29. Інтенсивність відмов розподіл Релея визначається як:

а) $R = \sum \alpha_n + \sqrt{\delta}$;

б) $\lambda(t) = t / \sigma^2$;

в) $F = ma$;

г) $L = \frac{L_i}{L_0}$;

д) $\lambda(t) = 20 \lg P / R_0$.

3.30. Середнє напрацювання на відмову у розподілі Релея визначається:

а) $T_{cp} = \sqrt{\pi/2 \cdot \sigma}$;

б) $\xi = \frac{13\Omega}{\Delta M}$;

в) $\mu = 8\sqrt{4\Psi}$;

г) $M_{cp} = 11A + 12\beta + 13\Xi$;

д) $\varphi = \frac{\varphi_0}{X^8}$.

Практична робота 3

Побудова емпіричної функції надійності

Задача 1

Дано виборчу сукупність. Необхідно:

1. Побудувати емпіричну функцію надійності та її графік.

2. Знайти оцінки для математичного сподівання, середньоквадратичного відхилення і коефіцієнта варіації.

Виборча сукупність:

-1, -1, 1, -3, 0, 0, -2, 3, 3, 5, -2, 2, 6, 1, 4, 6, 3, 5, -3, 2, 5, -3, 3, -2, 3, 3, 0, 6, 2, 4, 5, 3, 5.

Розв'язання:

1. Обсяг вибірки : $n = 33$.

2. Сортвана вибірка:

	3	2	1							
<i>i</i>										
<i>1/n</i>	,091	,091	,061	,091	,061	,091	,212	,061	,152	,091
	3									

3. Емпірична функція надійності:

$$F^*(x) = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{n}$$

$$F^*(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -3 \\ 0,091, & -3 < x \leq -2 \\ 0,182, & -2 < x \leq -1 \\ 0,243, & -1 < x \leq 0 \\ 0,334, & 0 < x \leq 1 \\ 0,395, & 1 < x \leq 2 \\ 0,456, & 2 < x \leq 3 \\ 0,668, & 3 < x \leq 4 \\ 0,729, & 4 < x \leq 5 \\ 0,881, & 5 < x \leq 6 \\ 1, & x > 6 \end{cases}$$

3. Побудуємо графік емпіричної функції надійності.

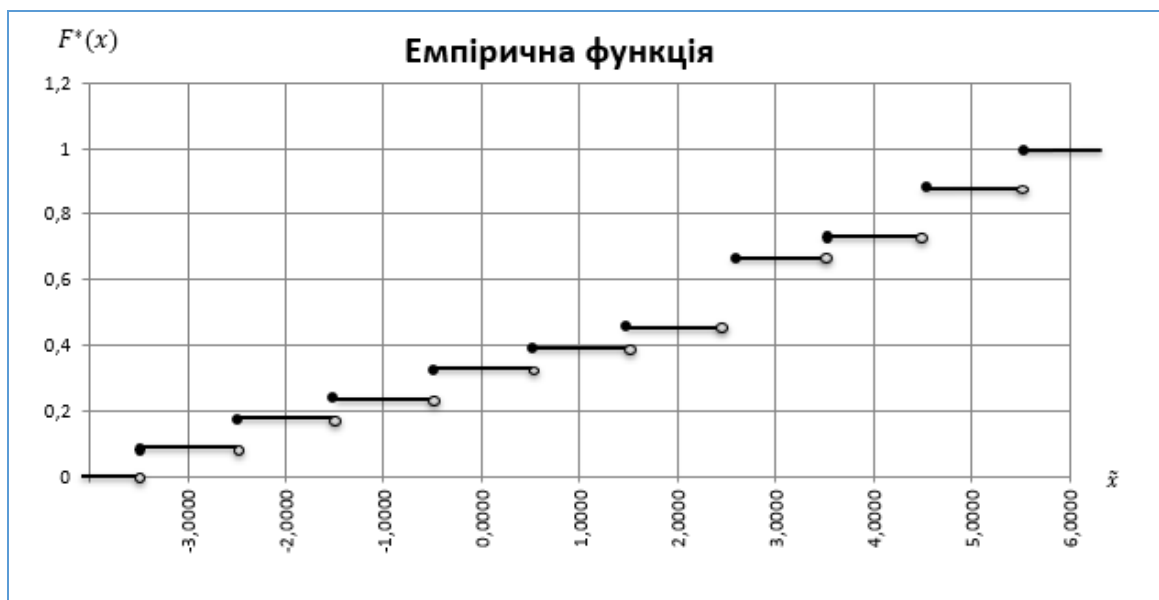


Рисунок 2 – Графік емпіричної функції надійності

5. Обчислюємо числові характеристики.

Математичне сподівання (вибіркове середнє):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{1}{33} \cdot (-1 - 1 + 1 - 3 + 0 + 0 - 2 + 3 + 3 + 5 - 2 + 2 + 6 + 1 \\ + 4 + 6 + 3 + 5 - 3 + 2 + 5 - 3 + 3 - 2 + 3 + 3 + 0 \\ + 6 + 2 + 4 + 5 + 3 + 5) = 1,9091. \end{aligned}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{33} \sum_{i=1}^{33} x_i = 1,9091.$$

Дисперсія вибірки:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad S^2 = \frac{1}{33-1} \sum_{i=1}^{33} (x_i - \bar{x})^2 = 7,9614$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2}, \quad S = \sqrt{7,9614} = 2,8216.$$

Коефіцієнт варіації:

$$k = \frac{S}{\bar{x}}, \quad k = 1,4780.$$

6. Знаходимо оцінки параметрів розподілу:

$$\begin{aligned} \tilde{m} &= \bar{x} = 1,9091, \\ \tilde{D} &= S^2 = 7,9614, \\ \tilde{\sigma} &= S^* = 2,8216, \\ \tilde{k} &= k = 1,4780. \end{aligned}$$

Індивідуальне завдання 3

Варіант	Вибірча сукупність
1	2
1	6, 1, -2, 1, 6, -2, 0, 5, 6, 6, -1, -1, 6, 1, 2, 7, 3, 7, 0, 5, -3, -3, 3, 7, 0, 5, -1, 5, 7, 5, 5, 7.
2	-3, 4, 2, 3, 3, 3, -1, 5, -3, 7, -3, -2, 1, -1, 7, -1, 3, 5, 7, -2, 6, 1, 5, -3, 7, 4, -2, 5, -1, 7, 4, 6.
3	-1, -1, 1, -3, 0, 0, -2, 3, 3, 5, -2, 2, 6, 1, 4, 6, 3, 5, -3, 2, 5, -3, 3, -2, 3, 3, 0, 6, 2, 4, 5, 3, 5.

Продовження

1	2
4	7, 1, -1, 4, 5, 2, 1, -1, 6, 7, 3, 3, 6, 1, -1, 6, 4, 4, 1, 4, -1, 6, 0, -1, 6, 4, 0, 6, -1, -3, 5, -3, 4.
5	-2, 2, 5, -3, 6, 7, 1, 4, 4, 0, -2, 3, 5, 0, 4, 1, 2, 7, 0, 7, 4, 3, 4, -2, 4, -3, 1, 4, 0, 7, 6, 3, 7, 6.
6	5, -2, 4, 3, 4, 6, 6, 2, 2, 3, 4, 6, -2, 4, 7, -2, 7, 5, -2, 0, 0, -2, 2, -2, 6, 6, 1, -3, 0, -3, 3, 6, 7.
7	2, 1, -2, 2, 3, 5, -1, 6, 1, 1, 3, 0, 5, 2, 1, -3, -3, 3, 4, -1, -3, 6, 0, 7, -1, 3, 2, 4, 5, 6, -2, -2.
8	0, 4, 3, 1, -2, 5, -2, 0, -2, 0, -3, 0, 7, -3, 5, -1, 5, 1, -1, 0, 6, -3, -1, 7, 7, 5, 3, -2, -2, -1, 5.
9	2, 0, 6, 0, 1, 4, 4, -1, 4, 0, 4, 5, 4, 7, 5, 3, 3, 3, -3, 3, 4, 4, 6, -3, -2, -3, 0, 0, 7, 1, 1, 0, 4, 2.
10	9, 4, 1, 4, 4, 1, 3, 8, 9, 9, 2, 2, 9, 4, 5, 10, 6, 10, 3, 8, 0, 0, 6, 10, 3, 8, 2, 8, 10, 8, 8, 10, 0.
11	8, 7, 5, 6, 6, 6, 2, 8, 0, 10, 0, 1, 4, 2, 10, 2, 6, 8, 10, 1, 9, 4, 8, 0, 10, 7, 1, 8, 2, 10, 7, 9, 2.
12	2, 4, 0, 3, 3, 1, 6, 6, 8, 1, 5, 9, 4, 7, 9, 6, 8, 0, 5, 8, 0, 6, 1, 6, 6, 3, 9, 5, 7, 8, 6, 8, 10, 4, 2.
13	7, 8, 5, 4, 2, 9, 10, 6, 6, 9, 4, 2, 9, 7, 7, 4, 7, 2, 9, 3, 2, 9, 7, 3, 9, 2, 0, 8, 0, 7, 1, 5, 8, 0, 9.
14	10, 4, 7, 7, 3, 1, 6, 8, 3, 7, 4, 5, 10, 3, 10, 7, 6, 7, 1, 7, 0, 4, 7, 3, 10, 9, 6, 10, 9, 8, 1, 7, 6.
15	7, 9, 9, 5, 5, 6, 7, 9, 1, 7, 10, 1, 10, 8, 1, 3, 3, 1, 5, 1, 9, 9, 4, 0, 3, 0, 6, 9, 10, 5, 4, 1, 5, 6.
16	8, 2, 9, 4, 4, 6, 3, 8, 5, 4, 0, 0, 6, 7, 2, 0, 9, 3, 10, 2, 6, 5, 7, 8, 9, 1, 1, 3, 7, 6, 4, 1, 8, 1, 3.
17	1, 3, 0, 3, 10, 0, 8, 2, 8, 4, 2, 3, 9, 0, 2, 10, 10, 8, 6, 1, 1, 2, 8, 5, 3, 9, 3, 4, 7, 7, 2, 7, 3, 7.
18	8, 7, 10, 8, 6, 6, 6, 0, 6, 7, 7, 9, 0, 1, 0, 3, 3, 10, 4, 4, 3, 2, 8, 0, 8, 6, 1, 10, 8, 5, 2, 2, 6, 8.
19	7, 2, -1, 2, 2, -1, 1, 6, 7, 7, 0, 0, 7, 2, 3, 8, 4, 8, 1, 6, -2, -2, 4, 8, 1, 6, 0, 6, 8, 6, 6, 8, -2.
20	5, 3, 4, 4, 4, 0, 6, -2, 8, -2, -1, 2, 0, 8, 0, 4, 6, 8, -1, 7, 2, 6, -2, 8, 5, -1, 6, 0, 8, 5, 7, 0, 0.
21	2, -2, 1, 1, -1, 4, 4, 6, -1, 3, 7, 2, 5, 7, 4, 6, -2, 3, 6, -2, 4, -1, 4, 4, 1, 7, 3, 5, 6, 4, 6, 8, 2.
22	0, 5, 6, 3, 2, 0, 7, 8, 4, 4, 7, 2, 0, 7, 5, 5, 2, 5, 0, 7, 1, 0, 7, 5, 1, 7, 0, -2, 6, -2, 5, -1, 3, 6.
23	-2, 7, 8, 2, 5, 5, 1, -1, 4, 6, 1, 5, 2, 3, 8, 1, 8, 5, 4, 5, -1, 5, -2, 2, 5, 1, 8, 7, 4, 8, 7, 6, -1.
24	5, 4, 5, 7, 7, 3, 3, 4, 5, 7, -1, 5, 8, -1, 8, 6, -1, 1, 1, -1, 3, -1, 7, 7, 2, -2, 1, -2, 4, 7, 8, 3, 2.

Продовження

1	2
25	-1, 3, 4, 6, 0, 7, 2, 2, 4, 1, 6, 3, 2, -2, -2, 4, 5, 0, -2, 7, 1, 8, 0, 4, 3, 5, 6, 7, -1, -1, 1, 5, 4.
26	2, -1, 6, -1, 1, -1, 1, -2, 1, 8, -2, 6, 0, 6, 2, 0, 1, 7, -2, 0, 8, 8, 6, 4, -1, -1, 0, 6, 3, 1, 7, 1, 2.
27	5, 5, 0, 5, 1, 5, 6, 5, 8, 6, 4, 4, 4, -2, 4, 5, 5, 7, -2, -1, -2, 1, 1, 8, 2, 2, 1, 0, 6, -2, 6, 4, -1.
28	8, 6, 8, 4, 1, 4, -1, 3, -2, 1, 5, 8, 5, -1, -1, 7, 0, -1, 4, -2, 8, 1, 4, 4, 4, -2, 6, 6, 5, 3, 1, 2, 6.
29	-1, 2, -1, -1, -1, 5, -1, 4, 3, 2, 7, 0, 2, 7, 6, 7, 7, -1, -2, 6, 4, 1, 8, -1, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 8, 2, 1.
30	4, 4, -2, 1, -2, 1, 4, 2, -1, 3, -2, 0, 7, 6, 2, 0, 6, 2, 8, -1, -2, 4, -1, 2, 2, 5, 5, 3, 4, 0, 7, -1, 0, 0

Практична робота 4

Фактори, що впливають на надійність ЕОМ та комп'ютерних систем

Задача 1 Температурний вплив на роботу компонентів

Відомо, що підвищення температури на кожні 10 °С може знизити час безвідмовної роботи комп'ютера на 50 %. Якщо за кімнатної температури 25 °С час безвідмовної роботи складає 10 000 годин, скільки часу працюватиме комп'ютер при температурі 45 °С?

Розв'язання. Час безвідмовної роботи знижується на 50 % при підвищенні температури на кожні 10 °С. При підвищенні на 20 °С:

$$T = 10000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{20}{10}} = 10000 \cdot \frac{1}{4} = 2500 \text{ годин}$$

Відповідь: 2 500 годин.

Задача 2 Теплові навантаження

При температурі 70 °С система має час напрацювання до відмови 2 000 годин. Якщо температура знижується до 50 °С, як зміниться час роботи, якщо відомо, що на кожні 10 °С зниження подовжує термін експлуатації на 20 %?

Розв'язання. При зниженні температури на 20 °С:

$$T = 2000 \cdot (1 + 0.2 \cdot 2) = 2000 \cdot 1.4 = 2800 \text{ годин}$$

Відповідь: 2 800 годин.

Задача 3 Вплив вологості на надійність

У середовищі з підвищеною вологістю ймовірність відмови електронних компонентів збільшується на 15 %. Якщо базова ймовірність відмови при нормальній вологості становить 0.05, визначте нову ймовірність відмови в умовах підвищеної вологості.

Розв’язання. Нова ймовірність відмови

$$P_{\text{нова}} = 0.05 \cdot 1.15 = 0.0575$$

Відповідь: ймовірність відмови в умовах підвищеної вологості 5,75 %.

Задача 4 Вплив пилу на охолоджувальну систему

У серверній кімнаті з поганою вентиляцією та значною кількістю пилу система охолодження працює на 30 % гірше. Якщо нормальний час безвідмовної роботи системи охолодження становить 5 000 годин, визначте, як зміниться цей час у таких умовах.

Розв’язання. Час безвідмовної роботи знижується на 30 %:

$$T_{\text{новий}} = 5000 \cdot (1 - 0.3) = 5000 \cdot 0.7 = 3500 \text{ годин}$$

Відповідь: 3 500 годин.

Задача 5 Вплив віку обладнання

Час напрацювання до відмови обладнання знижується на 10 % кожного року. Якщо початковий час напрацювання до відмови дорівнює 8 000 годин, скільки годин система працюватиме після 3 років?

Розв’язання. Час роботи через 3 роки:

$$T = 8000 \cdot (1 - 0.1)^3 = 8000 \cdot 0.729 = 5832 \text{ годин}$$

Відповідь: 5 832 години.

Задача 6 Вплив вібрації на жорсткий диск

Вібрації під час роботи жорсткого диска можуть збільшити його ймовірність відмови на 25 %. Якщо в нормальних умовах ймовірність відмови за рік становить 0.04, знайдіть ймовірність відмови за умов підвищених вібрацій.

Розв’язання. Нова ймовірність відмови:

$$P_{\text{нова}} = 0.04 \cdot 1.25 = 0.05$$

Відповідь: 0,05.

Задача 7 Зношення компонентів

Якщо компонент системи має початкову ймовірність відмови 0.02 на рік і ця ймовірність збільшується на 5 % щороку, знайдіть ймовірність відмови через 3 роки.

Розв’язання. Ймовірність відмови через 3 роки:

$$P_{\text{нове}} = 0.02 \cdot (1 + 0.05)^3 = 0.02 \cdot 1.157625 = 0.02315$$

Відповідь: імовірність відмови через 3 роки 2,315 %.

Задача 8 Електромагнітні перешкоди

Ймовірність відмови комп’ютерної системи через електромагнітні перешкоди становить 0.01. Якщо в офісі працює 50 комп’ютерів, знайдіть ймовірність, що хоча б один з них відмовить.

Розв’язання. Ймовірність того, що всі комп’ютери працюватимуть без відмови:

$$P_{\text{успіху}} = (1 - 0.01)^{50} = 0.605$$

Ймовірність того, що принаймні один комп’ютер відмовить:

$$P = 1 - 0.605 = 0.395$$

Відповідь: імовірність 39,5%.

Задача 9 Резервування жорстких дисків

У серверній системі використовується два жорсткі диски в режимі резервування RAID-1. Якщо ймовірність відмови одного диска протягом року становить 0.05, знайдіть ймовірність того, що сервер працюватиме без втрати даних протягом року.



Рисунок 3 – Резервування RAID-1

Розв'язання. Імовірність відмови обох дисків

$$P_{\text{обидва}} = 0.05 \cdot 0.05 = 0.0025$$

Ймовірність безвідмовної роботи:

$$P_{\text{безвідмовної роботи}} = 1 - 0.0025 = 0.9975$$

Відповідь: імовірність того, що сервер працюватиме без втрати даних протягом року 99,75 %.

Задача 10 Надійність процесора

Процесор має ймовірність відмови 0.0001 протягом 1 години. Знайдіть ймовірність того, що процесор не відмовить протягом 1 000 годин.

Розв'язання. Імовірність безвідмовної роботи за 1 000 годин:

$$P = (1 - 0.0001)^{1000} = 0.9048$$

Відповідь: імовірність безвідмовної роботи за 1 000 годин 9,048 %.

Задача 11 Частота обслуговування систем

Якщо комп'ютерну систему обслуговують кожні 6 місяців, її ймовірність безвідмовної роботи складає 0.98. Якщо систему почнуть обслуговувати кожні 9 місяців, ймовірність безвідмовної роботи знизиться на 3 %. Яка нова ймовірність безвідмовної роботи?

Розв'язання. Нова ймовірність безвідмовної роботи:

$$P_{\text{нова}} = 0.98 \cdot (1 - 0.03) = 0.98 \cdot 0.97 = 0.9506$$

Відповідь: 0,9506.

Задача 12 Резервне живлення

У компанії встановлено два резервних блоки живлення. Ймовірність відмови кожного блоку протягом місяця – 0.01. Знайдіть ймовірність того, що хоча б один блок живлення залишиться працездатним.

Розв'язання. ймовірність відмови обох блоків:

$$P_{\text{відмови}} = 0.01 \cdot 0.01 = 0.0001$$

Ймовірність працездатності системи:

$$P_{\text{працездатності}} = 1 - 0.0001 = 0.9999$$

Відповідь: 99,99 %.

Індивідуальне завдання 4

Задача 1. Комп'ютерна система працює при температурі вище норми на ΔT градусів, що скорочує її час безвідмовної роботи вдвічі на кожні 10 °C перевищення. Знайти новий час безвідмовної роботи.

Таблиця 4 – Вхідні дані

Варіант	T (години)	ΔT (°C)	Варіант	T (години)	ΔT (°C)
1	5 000	15	11	6 200	25
2	6 000	20	12	7 100	30
3	7 000	30	13	8 000	40
4	4 000	25	14	7 500	20
5	4 500	35	15	6 200	30
6	3 000	40	16	5 300	15
7	5 500	20	17	4 200	40
8	3 500	30	18	4 100	35
9	4 000	20	19	5 600	15
10	5 000	15	20	6 000	20

Задача 2. В умовах підвищеної вологості ймовірність відмови зростає на певний відсоток $X\%$. Знайти нову ймовірність відмови.

Таблиця 5 – Вхідні дані

Варіант	Початкова ймовірність $P_{\text{стара}}$	Підвищення вологості ($X\%$)	Варіант	Початкова ймовірність $P_{\text{стара}}$	Підвищення вологості ($X\%$)
1	0,03	15	11	0,03	25
2	0,04	20	12	0,04	30
3	0,05	35	13	0,05	40
4	0,02	25	14	0,02	20
5	0,04	35	15	0,04	30
6	0,05	30	16	0,05	15
7	0,03	20	17	0,03	40
8	0,04	30	18	0,04	35
9	0,05	20	19	0,04	15
10	0,02	15	20	0,02	20

Задача 3. Час безвідмовної роботи зменшується з кожним роком експлуатації. Якщо початкова ймовірність відмови P_0 , а щорічне підвищення ймовірності відмови – $r\%$, знайдіть ймовірність відмови через n років.

Таблиця 6 – Вхідні дані

Варіант	Початкова ймовірність P_0	Підвищення ймовірності ($r\%$)	Кількість років n	Варіант	Початкова ймовірність P_0	Підвищення ймовірності ($r\%$)	Кількість років n
1	0,03	5	2	11	0,03	4	3
2	0,04	4	3	12	0,04	5	4
3	0,05	3	4	13	0,05	3	5
4	0,02	6	5	14	0,02	2	6
5	0,04	5	2	15	0,04	3	2
6	0,05	4	3	16	0,05	5	3
7	0,03	2	4	17	0,03	4	4
8	0,04	4	5	18	0,04	3	5
9	0,05	3	7	19	0,04	5	4
10	0,02	5	3	20	0,02	2	7

Задача 4. Частота обслуговування комп'ютерної системи змінюється з 6 до 9 місяців. Ймовірність безвідмовної роботи при обслуговуванні кожні 6 місяців – $P_{6м}$, знайдіть нову ймовірність при 9-місячному обслуговуванні, якщо ймовірність безвідмовної роботи знизиться на $X\%$.

Таблиця 7 – Вхідні дані

Варіант	Початкова ймовірність $P_{6м}$	Зниження ймовірності ($X\%$)	Варіант	Початкова ймовірність $P_{6м}$	Зниження ймовірності ($X\%$)
1	0,93	2	11	0,93	4
2	0,94	3	12	0,94	5
3	0,95	4	13	0,95	3
4	0,92	5	14	0,92	2
5	0,94	2	15	0,94	3
6	0,95	3	16	0,95	5
7	0,93	4	17	0,93	4
8	0,94	5	18	0,94	3
9	0,95	3	19	0,94	5
10	0,92	4	20	0,92	2

Задача 5. Час безвідмовної роботи процесора T (годин) скорочується з кожним роком на певний відсоток $r\%$. Визначте новий час безвідмовної роботи через n років.

Таблиця 8 – Вхідні дані

Варіант	$T_{\text{старий}}$ (годин)	Скорочення часу щороку ($r\%$)	Кількість років n	Варіант	$T_{\text{старий}}$ (годин)	Скорочення часу щороку ($r\%$)	Кількість років n
1	5000	5	2	11	6200	4	3
2	6000	4	3	12	7100	5	4
3	7000	3	4	13	8000	3	5
4	4000	6	5	14	7500	2	6
5	4500	5	2	15	6200	3	2
6	3000	4	3	16	5300	5	3
7	5500	2	4	17	4200	4	4
8	3500	4	5	18	4100	3	5
9	4000	3	7	19	5600	5	4
10	5000	5	3	20	6000	2	3

Тест 4

Фактори, що впливають на надійність об'єктів

Вибір одного з багатьох.

4.1. Знайдіть чинники, які впливають на надійність об'єктів:

- а) конструктивні;
- б) виробничі;
- в) економічні;
- г) експлуатаційні.

4.2. Який із перелічених факторів не відноситься до конструктивного:

- а) вибір структурної та функціональної схем, способів резервування та контролю;
- б) визначення матеріалів та комплектуючих елементів;
- в) вибір режимів та умов роботи елементів у системі;
- г) організація технологічного процесу виготовлення обладнання.

4.3. Який із перелічених факторів не відноситься до виробничого:

- а) вхідний контроль якості матеріалів та елементів, одержуваних від підприємств-постачальників;
- б) облік психофізіологічних особливостей операторів;
- в) організація технологічного процесу виготовлення обладнання;
- г) контроль якості продукції на всіх етапах технологічного процесу.

4.4. За характером впливу на об'єкт які фактори можна поділити на об'єктивні та суб'єктивні:

- а) конструктивні;
- б) експлуатаційні;
- в) економічні;
- г) виробничі.

4.5. Який із перерахованих факторів відноситься до конструктивного:

- а) кваліфікація виробників;
- б) кваліфікація обслуговуючого персоналу;
- в) умови роботи на виробництві;
- г) облік психофізіологічних особливостей операторів.

4.6. Який із перерахованих факторів відноситься до виробничого:

- а) забезпечення якості та контроль монтажу та налагодження обладнання систем;
- б) розробка експлуатаційної документації;
- в) вибір захисту технологічних параметрів установки;
- г) методи та способи організації експлуатації об'єктів.

4.7. До суб'єктивних експлуатаційних факторів, що впливають на надійність об'єктів, не належить:

- а) кваліфікація обслуговуючого персоналу;
- б) навченість обслуговуючого персоналу;
- в) організація та якість технічного обслуговування та регламентних робіт;
- г) кваліфікація виробників.

4.8. Виберіть, до якого фактора належить вибір режимів та умов роботи елементів у системі:

- а) конструктивному;
- б) виробничому;
- в) економічного;
- г) експлуатаційному.

4.9. Виберіть, до якого фактора належить контроль якості продукції на всіх етапах технологічного процесу:

- а) конструктивному;
- б) виробничому;
- в) економічного;
- г) експлуатаційному.

4.10. Які з перерахованих факторів можна класифікувати на дві групи – зовнішні та внутрішні фактори:

- а) суб'єктивні;
- б) виробничі;
- в) конструктивні;
- г) об'єктивні.

4.11. Виберіть, до якого фактора відносяться впливи, зумовлені довкіллям та умовами застосування:

- а) суб'єктивному;
- б) виробничому;
- в) зовнішньому;
- г) конструктивному.

4.12. Виберіть, до якого фактора відносяться впливи, пов'язані зі зміною параметрів об'єктів та конструкційних матеріалів:

- а) внутрішній;
- б) виробничому;
- в) зовнішньому;
- г) конструктивному.

4.13. До кліматичного фактору НЕ відноситься:

- а) сонячна радіація;
- б) корозія;
- в) низькі та високі температури;
- г) вологість повітря.

4.14. Виберіть, до якого фактора належить кваліфікація обслуговуючого персоналу:

- а) суб'єктивному;
- б) виробничому;
- в) конструктивному;
- г) об'єктивному.

4.15. Під суб'єктивними експлуатаційними факторами, що впливають на надійність об'єктів, розуміється:

- а) вибір режимів та умов роботи елементів у системі;

- б) контроль якості продукції на всіх етапах технологічного процесу;
- в) методи та способи організації експлуатації об'єктів;
- г) визначення матеріалів та комплектуючих елементів.

4.16. Вплив якого кліматичного фактора може спричинити зниження електричної міцності ізоляції:

- а) курні бурі;
- б) туман;
- в) хуртовини;
- г) низька температура повітря.

4.17. Який із кліматичних факторів відноситься до атмосферного явища:

- а) курні бурі;
- б) туман;
- в) іній;
- г) усі перелічені.

4.18. Підвищення експлуатаційної надійності, обумовленої впливом її у людини, здійснюється шляхом:

- а) відбору операторів;
- б) пристосування техніки до психофізіологічних особливостей людини-оператора у процесі її проектування;
- в) тренування та навчання операторів виконанню операцій обслуговування;
- г) усіма переліченими.

4.19. Надійність об'єктів закладається за умови...

- а) виробництва;
- б) проектування та конструювання;
- в) виготовлення;
- г) експлуатації та конструювання.

4.20. Надійність об'єктів забезпечується за умови...

- а) виробництва;
- б) експлуатації;
- в) проектування;
- г) конструювання.

4.21. Надійність об'єктів підтримується за умови...

- а) виробництва;
- б) експлуатації;
- в) проектування;
- г) конструювання.

Практична робота 5

Визначення емпіричної щільності надійності

Графічно потік відмов можна представити у вигляді точок на тимчасовій осі, як показано на рисунку 4.

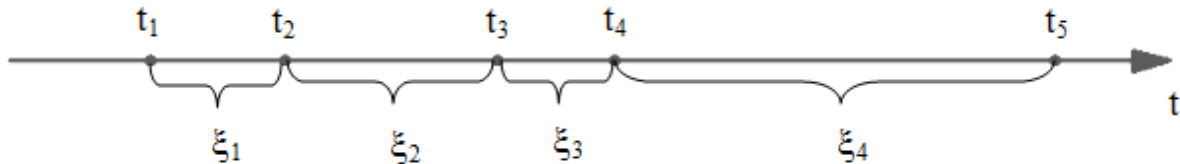


Рисунок 4 – Моменти відмов на часовій осі

де $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$, це інтервали часу між відмовами. Вони є випадковими величинами, які характеризуються математичним очікуванням, дисперсією, функцією розподілу і іншими характеристиками.

Задача

1. За запропонованим масиву інтервалів часу $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$, між надходженням сусідніх відмов побудувати гістограму щільності розподілу та полігон.
2. Записати вигляд для функції розподілу випадкових величин $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$.
3. Розрахувати математичне очікування і середньоквадратичне відхилення часів $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$.
4. Визначити вид закону розподілу.
5. За критерієм χ^2 визначити справедливість висунутої гіпотези.

Індивідуальне завдання 5

Варіант 1

0,46	0,15	1,89	0,16	6,35	5,84	5,28	0,18	1,76	7,82
3,07	2,01	1,63	4,19	4,49	2,76	3,25	4,27	0,68	2,60
1,39	3,61	8,04	0,28	5,36	2,62	0,35	5,17	3,87	0,35
2,80	0,12	0,98	1,82	0,03	1,22	5,84	5,41	2,00	2,39
5,02	5,12	2,27	1,09	0,61	1,18	2,27	3,99	6,40	1,18
1,16	0,27	1,42	2,08	2,56	0,07	2,15	1,93	0,43	2,71
2,20	1,61	3,81	4,24	4,79	0,59	0,29	5,46	6,19	0,59
2,09	2,61	3,54	2,91	1,59	2,26	0,43	3,92	0,46	1,50
3,18	1,51	3,17	0,54	2,86	2,25	3,06	8,36	2,78	1,59
6,11	7,17	1,40	6,86	0,50	1,20	1,45	2,46	4,92	2,38

Варіант 2

1,20	1,52	1,82	1,93	1,90	1,26	0,31	1,47	0,85	0,14
3,11	0,24	0,69	1,39	0,43	0,59	1,87	0,43	0,09	0,13
2,10	0,02	0,25	1,62	0,26	1,54	1,66	1,52	1,15	0,95
1,32	1,25	0,83	0,55	1,29	1,15	0,07	1,79	1,72	2,04
1,81	1,62	0,75	0,91	1,68	1,79	1,36	0,79	0,84	1,14
1,86	2,96	1,07	1,56	1,56	2,89	2,48	1,29	1,66	0,56
0,53	1,09	0,30	1,35	0,13	2,90	1,73	1,87	3,18	2,08
2,18	0,03	0,58	1,46	2,47	2,17	0,24	1,51	1,50	0,20
0,37	0,45	0,65	0,54	1,25	0,63	0,73	2,29	1,19	3,09
0,56	1,08	1,42	2,63	1,62	0,72	0,37	3,40	1,73	1,00

Варіант 3

2,30	3,91	5,47	7,12	10,47	1,56	4,55	0,76	6,38	10,05
2,18	3,21	2,55	4,91	6,06	0,34	10,56	6,38	9,19	5,93
1,07	7,97	0,68	3,89	2,70	0,14	2,76	5,39	6,57	3,14
7,70	3,79	2,52	3,97	0,19	8,32	3,31	2,87	8,48	4,92
4,13	1,77	5,65	1,32	0,12	6,95	2,43	2,19	1,67	2,86
6,57	6,67	0,76	0,85	1,52	0,37	6,82	4,31	6,06	8,27
3,85	6,22	10,09	2,59	2,09	4,88	3,03	4,82	6,70	4,92
2,27	2,36	9,44	0,06	2,51	0,89	2,40	4,18	8,88	0,14
4,21	0,50	6,10	5,69	1,63	1,26	4,60	6,20	4,90	0,42
2,88	6,93	3,00	2,37	12,82	4,69	8,89	5,10	7,41	1,68

Варіант 4

12,63	9,36	6,32	3,23	7,96	10,43	3,72	10,68	4,40	16,22
12,65	5,36	5,53	2,76	1,26	4,30	3,13	10,35	4,65	8,41
3,66	4,94	8,03	1,25	2,37	5,25	3,24	7,11	3,27	10,57
4,42	9,15	2,28	12,16	1,02	11,05	8,55	10,12	3,96	10,81
4,98	11,61	2,88	2,61	0,35	1,86	9,22	6,38	8,58	6,48
5,61	10,62	3,24	4,31	3,09	2,83	3,42	0,79	3,49	7,38
8,41	5,61	1,88	4,83	6,69	12,27	6,34	2,34	5,97	9,15
7,63	1,86	6,69	2,25	3,52	5,35	0,36	4,04	3,48	7,96
7,69	4,36	1,39	9,91	2,38	13,75	3,48	12,64	16,96	3,83
1,53	7,92	6,45	5,07	9,22	7,38	4,05	8,70	4,87	1,27

Варіант 5

29,45	28,48	35,54	23,39	30,27	21,49	34,86	33,02	37,60	35,90
34,07	26,51	30,86	32,99	30,64	35,94	35,65	25,23	29,99	32,88
27,22	27,92	25,54	21,07	28,90	30,04	28,37	31,93	32,78	36,29
20,77	42,58	35,10	29,62	27,75	31,54	21,72	33,73	29,95	25,82
27,55	24,22	27,49	35,92	29,25	34,59	34,48	27,35	23,03	24,46
32,18	24,56	28,48	25,82	25,71	30,51	31,59	27,59	36,43	26,11
36,31	27,96	25,62	27,71	32,70	29,82	31,88	33,57	32,52	32,19
35,26	25,88	30,16	26,26	26,14	26,71	27,06	17,51	31,15	28,42
29,87	38,80	22,46	38,25	31,06	24,97	28,35	27,27	27,37	23,03
36,69	23,58	37,08	29,63	23,61	26,23	26,59	26,21	30,63	27,60

Варіант 6

0,21	0,04	0,47	0,41	0,12	0,25	0,05	0,09	0,33	0,01
0,33	0,11	0,17	0,21	0,25	0,13	0,18	0,26	0,05	0,07
0,01	0,10	0,07	0,00	0,06	1,30	0,08	0,11	0,17	0,19
0,05	0,06	0,22	0,13	0,09	0,12	0,20	0,27	0,03	0,08
0,19	0,04	0,04	0,03	0,15	0,13	0,32	0,06	0,10	0,25
0,04	0,04	0,27	0,02	0,02	0,03	0,30	0,15	0,03	0,15
0,16	0,18	0,11	0,01	0,62	0,01	0,07	0,01	0,05	0,24
0,11	0,25	0,03	0,10	0,01	0,60	0,08	0,23	0,03	0,44
0,44	0,05	0,21	0,09	0,10	0,29	0,00	0,12	0,17	0,08
0,23	0,01	0,04	0,39	0,46	0,02	0,18	0,19	0,07	0,16

Варіант 7

0,13	0,09	0,02	0,09	0,74	0,06	0,06	0,09	0,37	0,09
0,61	0,15	0,02	0,00	0,04	0,27	0,06	0,04	0,16	0,15
0,04	0,12	0,47	0,00	0,01	0,05	0,10	0,09	0,20	0,02
0,14	0,00	0,31	0,02	0,08	0,29	0,06	0,18	0,18	0,24
0,11	0,06	0,00	0,05	0,16	0,07	0,18	0,41	0,02	0,06
0,05	0,18	0,12	0,22	0,01	0,05	0,03	0,03	0,22	0,14
0,11	0,07	0,31	0,05	0,11	0,10	0,04	0,20	0,00	0,02
0,04	0,09	0,04	0,10	0,10	0,00	0,16	0,03	0,11	0,12
0,03	0,14	0,07	0,05	0,02	0,05	0,24	0,05	0,08	0,10
0,18	0,12	0,36	0,02	0,05	0,03	0,16	0,47	0,00	0,10

Варіант 8

0,02	0,06	0,06	0,08	0,05	0,12	0,04	0,09	0,15	0,19
0,14	0,03	0,04	0,02	0,03	0,08	0,18	0,16	0,12	0,16
0,30	0,13	0,24	0,17	0,02	0,04	0,09	0,20	0,20	0,02
0,08	0,01	0,07	0,01	0,05	0,07	0,19	0,19	0,08	0,02
0,25	0,00	0,10	0,18	0,14	0,05	0,04	0,27	0,01	0,05
0,04	0,34	0,03	0,09	0,02	0,03	0,02	0,10	0,19	0,26
0,32	0,05	0,02	0,12	0,03	0,01	0,09	0,05	0,00	0,13
0,35	0,08	0,16	0,01	0,02	0,13	0,02	0,03	0,15	0,12
0,00	0,21	0,02	0,13	0,09	0,07	0,01	0,05	0,02	0,66
0,17	0,09	0,10	0,05	0,20	0,02	0,02	0,19	0,02	0,16

Варіант 9

0,20	0,05	0,22	0,24	0,06	0,37	0,18	0,17	0,00	0,05
0,03	0,04	0,55	0,05	0,22	0,03	0,08	0,05	0,12	0,02
0,02	0,01	0,10	0,07	0,16	0,06	0,23	0,00	0,06	0,04
0,11	0,13	0,15	0,10	0,00	0,01	0,07	0,25	0,08	0,10
0,37	0,18	0,20	0,01	0,00	0,12	0,24	0,06	0,04	0,11
0,06	0,02	0,04	0,01	0,01	0,24	0,01	0,04	0,03	0,00
0,16	0,47	0,02	0,14	0,10	0,06	0,11	0,02	0,01	0,14
0,14	0,00	0,05	0,00	0,03	0,06	0,07	0,38	0,00	0,10
0,10	0,02	0,05	0,05	0,11	0,05	0,03	0,05	0,08	0,04
0,03	0,08	0,06	0,16	0,02	0,29	0,20	0,08	0,07	0,01

Варіант 10

0,12	0,16	0,04	0,05	0,29	0,32	0,07	0,08	0,06	0,24
0,06	0,06	0,07	0,04	0,36	0,02	0,05	0,02	0,25	0,02
0,08	0,01	0,12	0,06	0,01	0,02	0,16	0,15	0,04	0,00
0,16	0,18	0,07	0,28	0,18	0,12	0,00	0,02	0,04	0,01
0,04	0,12	0,02	0,04	0,12	0,01	0,02	0,11	0,06	0,38
0,02	0,24	0,04	0,01	0,01	0,01	0,35	0,01	0,09	0,05
0,07	0,07	0,04	0,04	0,01	0,06	0,01	0,05	0,04	0,14
0,14	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,12	0,09	0,03
0,01	0,21	0,16	0,14	0,04	0,20	0,03	0,04	0,15	0,00
0,10	0,03	0,03	0,03	0,04	0,13	0,08	0,02	0,09	0,04

Варіант 11

0,02	0,02	0,06	0,01	0,03	0,03	0,18	0,17	0,01	0,02
0,01	0,26	0,03	0,06	0,25	0,05	0,07	0,16	0,07	0,06
0,13	0,17	0,06	0,05	0,00	0,13	0,07	0,15	0,06	0,05
0,03	0,00	0,04	0,04	0,07	0,04	0,15	0,24	0,00	0,07
0,00	0,14	0,03	0,02	0,02	0,16	0,02	0,00	0,06	0,10
0,16	0,06	0,09	0,01	0,01	0,06	0,08	0,03	0,02	0,12
0,22	0,00	0,07	0,03	0,02	0,33	0,10	0,05	0,01	0,02
0,08	0,06	0,19	0,07	0,02	0,00	0,13	0,06	0,24	0,03
0,03	0,12	0,06	0,09	0,08	0,09	0,02	0,06	0,06	0,04
0,01	0,03	0,06	0,03	0,03	0,07	0,03	0,21	0,20	0,05

Варіант 12

0,02	0,23	0,24	0,04	0,13	0,11	0,01	0,16	0,04	0,08
0,09	0,03	0,04	0,10	0,05	0,15	0,04	0,00	0,12	0,19
0,08	0,01	0,05	0,10	0,03	0,01	0,01	0,12	0,01	0,10
0,17	0,18	0,05	0,02	0,15	0,07	0,05	0,03	0,03	0,11
0,12	0,10	0,09	0,15	0,15	0,17	0,00	0,04	0,02	0,01
0,03	0,14	0,03	0,03	0,00	0,09	0,19	0,11	0,11	0,04
0,04	0,04	0,10	0,00	0,30	0,11	0,08	0,16	0,23	0,08
0,00	0,01	0,04	0,17	0,07	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02
0,11	0,04	0,00	0,12	0,06	0,00	0,69	0,05	0,04	0,01
0,11	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03	0,01	0,12	0,01	0,06

Варіант 13

0,23	0,07	0,04	0,00	0,27	0,08	0,08	0,05	0,05	0,03
0,52	0,06	0,02	0,14	0,03	0,13	0,07	0,15	0,02	0,12
0,04	0,03	0,00	0,14	0,11	0,01	0,01	0,00	0,19	0,00
0,05	0,03	0,07	0,07	0,00	0,14	0,20	0,02	0,05	0,04
0,01	0,08	0,08	0,04	0,04	0,17	0,03	0,05	0,06	0,45
0,13	0,19	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00	0,06	0,02	0,07
0,12	0,07	0,11	0,07	0,07	0,05	0,08	0,08	0,01	0,38
0,03	0,06	0,03	0,02	0,05	0,01	0,06	0,05	0,08	0,15
0,09	0,00	0,08	0,06	0,15	0,10	0,07	0,03	0,11	0,20
0,15	0,02	0,11	0,02	0,01	0,02	0,01	0,10	0,00	0,17

Варіант 14

0,11	0,01	0,15	0,24	0,05	0,14	0,02	0,04	0,02	0,00
0,02	0,04	0,21	0,01	0,23	0,16	0,21	0,26	0,03	0,06
0,03	0,11	0,04	0,06	0,02	0,02	0,04	0,03	0,10	0,01
0,21	0,06	0,16	0,02	0,02	0,03	0,09	0,10	0,04	0,09
0,10	0,06	0,12	0,03	0,09	0,36	0,04	0,09	0,15	0,05
0,01	0,02	0,06	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,20	0,11
0,08	0,01	0,00	0,01	0,09	0,04	0,02	0,24	0,05	0,08
0,11	0,26	0,13	0,05	0,02	0,29	0,20	0,07	0,03	0,02
0,11	0,01	0,02	0,01	0,08	0,04	0,06	0,01	0,02	0,03
0,05	0,17	0,05	0,07	0,02	0,06	0,01	0,01	0,14	0,03

Варіант 15

0,11	0,01	0,15	0,24	0,05	0,14	0,02	0,04	0,02	0,00
0,02	0,04	0,21	0,01	0,23	0,16	0,21	0,26	0,03	0,06
0,03	0,11	0,04	0,06	0,02	0,02	0,04	0,03	0,10	0,01
0,21	0,06	0,16	0,02	0,02	0,03	0,09	0,10	0,04	0,09
0,10	0,06	0,12	0,03	0,09	0,36	0,04	0,09	0,15	0,05
0,01	0,02	0,06	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,20	0,11
0,08	0,01	0,00	0,01	0,09	0,04	0,02	0,24	0,05	0,08
0,11	0,26	0,13	0,05	0,02	0,29	0,20	0,07	0,03	0,02
0,11	0,01	0,02	0,01	0,08	0,04	0,06	0,01	0,02	0,03
0,05	0,17	0,05	0,07	0,02	0,06	0,01	0,01	0,14	0,03

Варіант 16

12,53	9,85	12,40	15,17	10,42	16,78	7,70	10,69	13,43	7,36
9,76	7,48	16,03	12,99	10,35	13,61	11,25	14,35	7,27	14,11
7,24	10,83	9,11	13,50	10,13	16,18	16,20	14,60	13,15	10,41
7,87	13,55	11,96	7,98	15,88	11,10	16,25	12,20	14,21	10,17
7,63	15,91	14,97	9,62	13,66	8,37	10,67	14,27	8,28	8,44
12,69	11,25	8,37	13,99	15,97	12,46	16,58	7,56	10,06	13,43
10,49	8,28	16,28	8,32	7,92	10,04	11,20	11,21	8,54	15,88
16,43	13,66	11,72	8,68	14,52	8,47	10,64	8,08	11,24	9,76
12,64	13,59	14,01	9,21	15,80	14,09	16,68	8,63	11,84	13,40
10,46	8,75	15,16	12,28	11,19	14,25	8,25	16,52	12,75	15,04

Варіант 17

14,24	12,42	17,88	14,82	10,79	13,40	10,06	10,84	10,18	12,96
11,81	10,00	15,64	13,79	9,14	11,05	9,00	8,23	17,24	8,19
13,49	13,94	11,55	9,87	12,87	15,76	14,87	13,77	16,77	13,92
10,93	8,14	12,31	8,45	14,0	27 32	11,92	9,82	15,22	15,53
17,48	15,88	14,17	16,91	10,6	01	17,96	11,81	9,43	15,54
15,69	9,32	11,12	11,41	9,45	8,08	11,32	14,09	11,59	11,31
9,32	10,72	8,12	8,07	9,70	8,57	8,52	10,86	10,19	15,66
11,66	9,34	15,75	17,71	8,07	10,42	8,95	11,26	8,37	14,54
16,53	13,13	8,03	8,18	12,31	16,06	8,33	12,69	16,22	10,63
13,62	9,28	9,73	13,41	14,72	10,38	17,38	11,40	8,75	17,09

Варіант 18

15,69	13,67	16,02	14,07	13,21	14,30	18,29	15,46	16,91	11,51
13,27	17,30	14,77	13,11	15,29	15,96	9,63	13,12	17,33	17,98
18,28	13,74	18,22	15,12	16,83	13,48	16,14	15,61	12,30	11,55
18,29	11,71	10,49	18,59	16,94	13,51	10,05	13,53	11,60	18,96
12,86	16,77	17,54	10,14	10,61	9,59	10,48	15,83	17,68	9,83
17,58	10,28	10,20	13,80	14,68	18,25	11,45	14,41	9,75	16,31
13,42	15,64	12,65	10,38	14,68	13,15	11,06	9,48	14,48	11,25
12,77	15,83	13,12	16,00	14,10	11,10	18,50	14,68	14,63	18,96
9,03	11,43	18,24	13,87	12,70	9,15	10,25	16,10	12,43	17,70
10,96	13,05	17,69	18,27	15,35	16,77	12,33	14,10	9,04	17,77

Варіант 19

19,71	18,33	11,57	16,01	19,02	13,21	10,82	13,25	17,89	15,51
13,76	11,54	11,26	18,16	13,45	18,06	11,47	13,17	17,22	11,09
13,59	19,83	10,17	11,36	17,07	19,07	14,91	19,58	13,54	14,17
17,52	10,18	10,95	17,63	19,76	11,42	13,90	14,39	17,60	11,62
10,25	11,18	15,89	11,74	13,97	12,25	19,35	14,14	14,23	11,22
19,83	17,64	10,78	19,29	19,76	18,80	15,52	19,64	11,85	19,46
10,39	18,09	15,13	10,51	11,41	10,01	17,12	11,98	19,10	13,51
12,34	19,27	15,04	18,81	17,03	15,73	14,72	13,94	10,09	11,42
16,68	16,66	10,38	18,19	17,81	12,57	10,13	10,93	15,00	19,60
14,69	15,10	12,95	18,61	18,53	10,57	18,28	10,35	17,42	11,62

Варіант 20

20,94	19,57	17,94	14,25	16,70	20,51	18,20	14,69	16,11	18,48
14,81	14,21	19,53	17,85	16,12	20,16	13,53	11,16	16,67	18,28
12,46	13,56	16,96	20,17	16,30	13,47	19,36	17,15	14,79	19,49
20,42	20,28	17,75	13,56	19,28	16,61	11,70	20,38	12,43	11,79
12,70	13,10	14,66	18,79	15,49	15,16	16,33	12,98	18,77	18,55
16,79	13,41	16,86	18,14	14,16	20,35	17,54	12,41	11,27	19,06
16,13	20,31	17,90	19,86	15,86	14,46	19,27	14,41	14,49	20,56
20,73	18,21	17,10	13,03	18,78	19,47	15,26	16,95	18,27	14,07
12,35	16,22	15,87	16,88	15,16	17,94	19,82	19,31	11,74	13,15
15,89	13,09	15,51	13,66	19,62	20,31	15,62	15,27	14,79	19,68

Варіант 21

14,53	18,15	19,13	20,14	16,87	18,52	21,32	15,56	14,56	16,59
14,21	15,85	18,11	20,66	14,30	14,23	19,31	12,59	12,45	15,74
18,98	18,45	19,88	21,06	21,14	15,42	20,36	16,54	13,35	14,97
18,74	20,49	13,28	12,26	15,64	15,73	21,60	21,81	18,42	18,34
21,08	19,43	18,43	12,76	21,89	20,36	14,49	13,01	13,27	13,69
12,59	20,30	21,35	13,04	21,87	16,74	13,23	13,44	16,88	15,48
17,38	14,55	16,02	16,89	20,19	20,00	16,28	21,17	18,88	13,13
14,22	17,14	20,53	18,84	13,20	17,22	17,51	21,81	16,83	18,78
19,00	20,86	18,74	21,67	18,92	19,65	18,52	21,96	19,98	13,59
13,95	12,06	14,04	12,99	19,51	16,92	18,73	12,50	21,07	16,64

Варіант 22

17,85	15,47	19,08	15,04	21,05	20,87	21,55	18,72	14,74	18,48
19,91	14,78	18,95	17,14	20,52	20,13	13,76	18,72	19,17	19,24
19,68	21,23	19,59	20,40	14,22	18,23	18,15	18,27	14,75	14,57
14,87	22,66	17,58	18,19	20,60	13,63	13,37	18,39	20,54	22,67
18,67	20,18	13,94	20,34	13,79	14,97	20,10	20,01	16,93	17,46
20,56	17,89	14,50	18,84	17,61	19,37	17,72	16,18	19,00	21,49
15,50	18,09	18,94	21,79	13,50	16,66	15,29	13,31	19,52	15,59
13,05	15,91	15,10	14,64	14,11	13,77	13,34	20,25	13,20	19,21
13,01	22,50	20,11	22,73	18,95	18,25	18,21	19,27	18,58	20,55
19,12	20,79	14,86	14,31	13,73	15,03	15,29	18,24	19,40	20,53

Варіант 23

21,09	18,20	22,51	15,66	16,16	16,71	19,67	21,38	16,53	19,00
21,42	18,51	15,63	19,63	20,37	15,31	20,81	20,59	18,66	18,31
16,12	16,99	18,93	21,07	21,47	18,97	21,56	19,21	17,94	19,86
18,12	21,74	19,43	20,59	21,14	18,56	20,44	20,35	20,03	14,26
20,24	23,53	23,37	18,19	23,19	22,85	17,33	20,68	15,34	18,80
20,41	15,65	17,29	15,29	14,47	19,36	23,29	21,57	21,87	15,46
16,58	20,39	19,00	16,28	21,02	22,41	16,02	20,38	18,91	16,88
22,78	16,29	15,10	18,54	21,11	22,61	17,37	20,80	23,23	14,29
22,99	15,13	16,56	15,11	21,58	16,73	14,59	16,56	14,24	16,46
14,22	22,79	18,88	19,01	19,16	21,97	21,82	17,27	19,68	23,79

Варіант 24

16,17	16,73	21,33	22,29	22,92	15,65	20,30	18,19	19,75	19,78
21,37	23,84	17,43	24,54	19,82	16,52	19,45	22,24	15,52	17,48
17,32	20,23	16,45	23,20	22,27	15,37	18,39	22,92	23,01	24,66
20,90	22,49	19,87	22,13	19,55	24,33	15,17	22,06	24,40	23,78
19,78	18,35	24,74	21,61	15,99	20,21	20,03	22,80	16,63	24,05
17,16	21,62	20,40	21,66	23,91	22,87	23,48	24,63	18,69	19,45
17,35	15,01	16,50	16,16	22,97	22,19	21,17	19,68	21,04	16,13
23,82	24,93	18,65	16,71	17,61	17,57	22,15	19,43	18,69	22,80
16,19	17,33	23,46	20,40	19,14	19,12	22,02	16,00	24,63	23,62
17,88	18,64	19,47	20,42	24,01	24,56	17,66	16,79	24,97	17,25

Варіант 25

21,84	21,84	16,46	24,67	25,83	21,97	26,00	17,90	23,48	22,46
19,95	25,82	23,82	25,45	16,70	16,24	17,35	19,09	21,16	18,12
17,70	21,93	24,48	19,15	19,43	23,61	20,06	19,52	22,16	21,77
25,71	21,97	20,93	25,19	22,20	18,07	22,77	23,24	17,93	20,76
19,59	21,52	19,95	23,16	17,24	23,77	21,14	23,57	20,89	20,06
23,73	16,80	16,63	21,19	19,01	21,66	19,32	19,35	23,29	24,82
16,67	25,01	20,17	20,77	19,62	20,16	18,95	18,16	18,93	17,64
19,43	22,34	18,04	16,85	22,83	24,12	22,14	25,65	19,05	24,82
23,57	18,53	20,13	17,57	23,39	21,01	19,98	24,85	19,22	20,35
20,36	22,26	19,39	22,38	23,11	18,57	23,25	24,75	18,60	22,01

Варіант 26

21,84	21,84	16,46	24,67	25,83	21,97	26,00	17,90	23,48	22,46
19,95	25,82	23,82	25,45	16,70	16,24	17,35	19,09	21,16	18,12
17,70	21,93	24,48	19,15	19,43	23,61	20,06	19,52	22,16	21,77
25,71	21,97	20,93	25,19	22,20	18,07	22,77	23,24	17,93	20,76
19,59	21,52	19,95	23,16	17,24	23,77	21,14	23,57	20,89	20,06
23,73	16,80	16,63	21,19	19,01	21,66	19,32	19,35	23,29	24,82
16,67	25,01	20,17	20,77	19,62	20,16	18,95	18,16	18,93	17,64
19,43	22,34	18,04	16,85	22,83	24,12	22,14	25,65	19,05	24,82
23,57	18,53	20,13	17,57	23,39	21,01	19,98	24,85	19,22	20,35

Варіант 27

27,30	25,69	25,70	26,88	27,54	26,77	25,43	24,51	25,44	25,76
25,25	26,73	26,23	25,75	25,83	26,53	25,35	25,76	25,28	26,35
26,39	24,98	27,01	26,55	27,39	26,43	26,30	24,98	26,88	25,47
25,22	25,96	26,02	27,63	27,86	27,27	28,29	25,24	26,16	27,85
27,13	27,28	25,62	25,59	26,35	24,57	25,96	25,80	26,76	27,53
26,86	25,81	27,85	26,82	25,88	26,96	25,66	24,78	26,52	25,09
27,09	25,86	25,45	27,11	25,36	25,98	25,00	26,39	27,44	26,69
24,49	26,67	24,74	26,75	27,90	25,79	25,20	25,72	25,34	26,36
26,97	26,43	26,77	24,28	26,53	25,83	25,45	24,15	25,15	23,46
26,05	26,42	25,87	24,59	26,05	25,81	25,67	25,85	26,06	26,20

Варіант 28

28,35	29,46	27,71	26,66	23,39	27,49	23,35	25,05	26,10	27,93
25,56	25,86	29,61	26,09	26,92	27,95	24,66	27,52	30,80	30,12
26,26	27,02	27,01	29,90	24,39	28,07	23,74	24,26	28,84	26,52
24,29	29,24	27,75	26,69	25,51	25,94	29,21	29,25	31,60	30,35
29,60	27,72	25,73	28,13	29,35	27,23	26,79	25,30	25,84	28,56
27,03	25,02	24,43	25,33	28,29	27,43	23,03	30,35	25,00	26,55
28,43	25,14	29,67	26,83	30,53	25,21	28,13	26,76	24,60	28,02
29,94	26,05	27,14	27,13	27,72	28,27	28,86	31,84	27,03	26,22
27,35	27,67	27,79	25,12	30,22	27,29	26,85	24,71	23,17	29,40
25,67	27,17	29,30	26,68	26,73	24,68	29,62	26,42	26,39	25,53

Варіант 29

31,12	28,33	24,41	25,75	31,09	32,37	30,95	27,42	26,67	26,65
26,76	25,37	34,91	26,38	26,21	22,26	28,94	23,76	28,82	35,31
30,06	28,95	32,02	36,54	31,02	30,15	30,04	28,31	26,73	32,32
27,69	30,65	32,26	27,13	29,24	27,79	29,91	27,79	27,43	25,91
29,66	31,78	28,67	23,24	27,94	28,70	28,59	28,36	24,18	29,10
25,51	30,74	28,56	28,76	32,65	25,58	30,84	27,01	27,42	25,13
31,85	25,78	23,91	28,82	26,21	27,65	29,58	29,41	32,52	24,19
24,17	30,33	32,12	32,75	26,59	29,79	25,05	30,32	24,68	26,14
26,87	24,46	24,61	27,78	25,95	23,86	29,80	28,34	24,24	29,34
26,25	29,96	26,41	33,54	31,89	26,62	26,14	30,58	27,73	28,26

Варіант 30

23,85	26,36	26,87	31,51	26,31	26,54	31,10	26,02	35,12	27,88
26,03	28,10	23,46	24,60	23,45	33,36	33,07	27,80	27,80	24,53
28,48	28,11	29,61	34,59	28,05	35,89	32,09	22,39	36,26	28,62
29,09	26,85	24,71	27,77	25,39	32,11	29,45	29,66	28,14	36,89
33,94	28,13	35,60	33,39	35,09	33,34	31,41	26,49	33,67	28,36
31,25	27,70	30,76	19,20	28,93	24,38	26,12	27,92	24,90	31,26
25,33	23,26	29,75	24,69	29,37	28,80	33,50	34,54	23,34	25,53
28,60	28,56	31,30	41,25	20,88	32,01	23,85	27,94	33,94	24,94
25,46	29,63	21,78	24,33	31,23	23,01	29,92	26,91	15,30	21,40
29,60	27,78	26,49	29,48	30,40	25,40	23,80	31,55	34,82	25,72

Тест 5

Розрахунок надійності

Вибір одного з багатьох.

5.1. Основними кількісними характеристиками надійності є:

- а) можливість безвідмовної роботи системи протягом часу t ; середній час безвідмовної роботи системи; інтенсивність відмови системи у момент t ;
- б) можливість безвідмовної роботи системи протягом часу t ; середній час безвідмовної роботи системи; щільність розподілу часу повністю;
- в) можливість безвідмовної роботи системи протягом часу t ; інтенсивність відмови системи у момент t ;
- г) щільність розподілу часу повністю; можливість безвідмовної роботи системи протягом часу t ; інтенсивність відмови системи у момент t ; середній час безвідмовної роботи системи;
- д) можливість безвідмовної роботи системи протягом часу t ; щільність розподілу часу повністю.

5.2. Внаслідок відмови елемента системи при послідовному з'єднанні елементів:

- а) цей елемент замінюється аналогічним йому;
- б) настає відмова всієї системи;
- в) цей елемент виключається із системи, і система продовжує функціонувати;
- г) система продовжує працювати, але середній час безвідмовної роботи зменшується у 1,5 рази;
- д) нічого істотного із системою не відбувається.

5.3. Можливість безвідмовної роботи системи позначається:

а) $P_c(t)$;

б) $F_c(t)$;

в) $G_c(t)$;

г) $T_c(t)$;

д) $E_c(t)$.

5.4. Можливість безвідмовної роботи системи визначається за такою формулою:

а) $P_c(t) = e^{-\lambda t}$;

б) $P_c(t) = e^{-(t-\lambda t)}$;

в) $P_c(t) = e^{-(t+\Delta t)}$;

г) $P_c(t) = e^{-\int_0^{\infty} (t-\Delta t) dt}$;

д) $P_c(t) = e^{-\int_0^1 \lambda_c(t) dt}$.

5.5. Середній час безвідмовної роботи системи визначається за формулою:

а) $T_c = \int_0^t P_c(t) dt$;

б) $T_c = \int_0^1 P_c(t) dt$;

в) $T_c = \int_0^{\infty} P_c(t) dt$;

г) $T_c = \int_1^n P_c(t) dt$;

д) $T_c = \int_0^n (P_c(t) - F_c(t)) dt$.

5.6. Інтенсивність відмови системи у момент t позначається:

а) $\beta_c(t)$;

б) $\alpha_c(t)$;

в) $\gamma_c(t)$;

г) $\xi_c(t)$;

д) $\lambda_c(t)$.

5.7. Можливість безвідмовної роботи нерезервованої системи протягом часу t при послідовному з'єднанні елементів визначається за такою формулою:

а) $P_c(t) = \prod_{j=1}^n P_j(t)$;

б) $P_c(t) = \sum_{j=1}^n P_j(t)$;

в) $P_c(t) = \int_0^j P_j(t) dt$;

г) $P_c(t) = P_j(t) + \Delta P_j(t)$;

$$\text{д) } P_c(t) = \int_0^{\infty} P_j(t) dt.$$

5.8. Інтенсивність відмови нерезервованої системи в момент часу t при послідовному з'єднанні елементів визначається за такою формулою:

$$\text{а) } \lambda_c(t) = \prod_{j=1}^n \lambda_j(t);$$

$$\text{б) } \lambda_c(t) = \sum_{j=1}^n \lambda_j(t);$$

$$\text{в) } \lambda_c(t) = \int_0^j \lambda_j(t) dt;$$

$$\text{г) } \lambda_c(t) = \lambda_j(t) + \Delta \lambda_j(t);$$

$$\text{д) } \lambda_c(t) = \int_0^{\infty} \lambda_j(t) dt.$$

5.9. При експонентному законі розподілу (для випадку постійних інтенсивностей відмов елементів) мають місце співвідношення:

$$\text{а) } P_c(t) = e^{-t}; \quad \lambda_c(t) = \prod_{j=1}^n \lambda_j(t); \quad T_c = \int_0^{\infty} \lambda_j(t) dt; \quad f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c(t)};$$

$$\text{б) } P_c(t) = e^{-t}; \quad \lambda_c(t) = \sum_{j=1}^n \lambda_j; \quad T_c = \int_0^{\infty} \lambda_j(t) dt; \quad f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c(t)};$$

$$\text{в) } P_c(t) = e^{-t}; \quad \lambda_c(t) = \prod_{j=1}^n \lambda_j(t); \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c}; \quad f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c(t)};$$

$$\text{г) } P_c(t) = e^{-\lambda_c(t)}; \quad \lambda_c(t) = \prod_{j=1}^n \lambda_j(t); \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c}; \quad f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c(t)};$$

$$\text{д) } P_c(t) = e^{-\lambda_c(t)}; \quad \lambda_c(t) = \sum_{j=1}^n \lambda_j; \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c}; \quad f_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c(t)}.$$

5.10. Резервування – це спосіб підвищення надійності об'єкта шляхом:

- а) видалення надмірності;
- б) заміни даної системи аналогічною їй, але з меншим ризиком відмови;
- в) додавання надмірності;
- г) заміни рівно половини елементів системи аналогічними їм;
- д) заміни цієї системи системою, що складається з $n/2$ елементів.

5.11. Методи резервування за видом поділяються на:

- а) структурне, тимчасове, інформаційне, функціональне, навантажувальне;
- б) загальне, роздільне, змішане;
- в) постійне, динамічне;
- г) ціле, дрібне;
- д) заміщення, ковзне, мажоритарне.

5.12. Методи резервування за способом з'єднання поділяються на:

- а) структурне, тимчасове, інформаційне, функціональне, навантажувальне;
- б) загальне, роздільне, змішане;
- в) постійне, динамічне;
- г) ціле, дрібне;
- д) заміщення, ковзне, мажоритарне.

5.13. Методи резервування за способом включення поділяються на:

- а) структурне, тимчасове, інформаційне, функціональне, навантажувальне;
- б) постійне, динамічне;
- в) навантажене, полегшене, ненавантажене;
- г) заміщення, що ковзає, мажоритарно;
- д) загальне, роздільне, змішане.

5.14. Методи резервування за режимом роботи резерву поділяються на:

- а) структурне, тимчасове, інформаційне, функціональне, навантажувальне;
- б) постійне, динамічне;
- в) навантажене, полегшене, ненавантажене;
- г) заміщення, що ковзає, мажоритарно;
- д) загальне, роздільне, змішане.

5.15. Імовірність безвідмовної роботи системи з постійно включеним резервом, щільність розподілу часу безвідмовної роботи та інтенсивність відмов системи з кратністю резервування m визначається співвідношенням:

а) $P_c(t) = 1 - \sum_{i=1}^m (1 - P_i(t))$;

б) $P_c(t) = 1 - \prod_{i=0}^m (1 - P_i(t))$;

в) $P_c(t) = 1 - e^{-(1-P_i(t))}$;

г) $P_c(t) = \sum_{i=1}^m (1 - P_i(t))$;

д) $P_c(t) = \prod_{i=0}^m (1 - P_i(t))$.

5.16. Для експоненційних розподілів часу до відмови елементів з однаковими параметрами λ (Загальне резервування з постійно включеним резервом) має вираз:

а) $P_c(t) = 1 - e^{-\lambda t}$;

б) $P_c(t) = (1 - e^{-\lambda t})^{m+1}$;

в) $P_c(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^m$;

$$\text{г) } P_c(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^{m+1};$$

$$\text{д) } P_c(t) = (1 - e^{-\lambda t})^{m+1}.$$

5.17. Для експоненційних розподілів часу до відмови елементів з однаковими параметрами (Загальне резервування з постійно включеним резервом) має вираз:

$$\text{а) } f_c(t) = (m + 1)\lambda e^{-\lambda t}(1 - e^{-\lambda t})^m;$$

$$\text{б) } f_c(t) = \lambda e^{-\lambda t}(1 - e^{-\lambda t})^m;$$

$$\text{в) } f_c(t) = \lambda e^{-\lambda t} - (1 - e^{-\lambda t})^m;$$

$$\text{г) } f_c(t) = (m + 1)\lambda e^{-\lambda t} - (1 - e^{-\lambda t})^m;$$

$$\text{д) } f_c(t) = (m + 1)\lambda e^{\lambda t}(1 - e^{\lambda t})^m.$$

5.18. Кратність резервування з дробовою кратністю визначається із співвідношення:

$$\text{а) } m = (Z + N)/N;$$

$$\text{б) } m = (Z + N) \cdot N;$$

$$\text{в) } m = (Z - N) \cdot N;$$

$$\text{г) } m = (Z - N)/N;$$

$$\text{д) } m = (Z - N)/N^2.$$

5.19. Ковзне резервування становить резервування заміщення з кратністю:

$$\text{а) } m - (n - m);$$

$$\text{б) } m/(n - m);$$

$$\text{в) } (n - m)/m;$$

$$\text{г) } (n - m) - m;$$

$$\text{д) } (m - n)/m.$$

5.20. Операція диз'юнкції може бути представлена:

а) схемою послідовного з'єднання елементів;

б) схемою інвертування вхідної величини;

в) мінімізацією функцій для виключення повторюваних членів;

г) схемою паралельного з'єднання;

д) схемою змішаного з'єднання елементів.

5.21. Операція кон'юнкції може бути представлена:

а) схемою послідовного з'єднання елементів;

б) схемою інвертування вхідної величини;

в) мінімізацією функцій для виключення повторюваних членів;

г) схемою паралельного з'єднання;

д) схемою змішаного з'єднання елементів.

5.22. Вираз $B = \bar{A}$ читається як:

- а) $B \in$ перетворене A ;
- б) $B \in A$;
- в) $B \in$ частина A ;
- г) B належить безлічі A ;
- д) $B \in$ не A .

5.23. Логічні операції диз'юнкції, кон'юнкції та заперечення – основні операції, що використовуються в прикладній теорії надійності, оскільки:

- а) інших операцій у прикладній теорії надійності немає;
- б) інші операції у прикладній теорії надійності використовувати не можна;
- в) до них можуть бути зведені всі інші логічні операції;
- г) всі операції можна отримати з них;
- д) вони використовуються тільки до головних елементів системи.

5.24. Якщо замінити всі логічні операції арифметичними за певними правилами, логічні функції можна перетворити на функції:

- а) геометричні;
- б) арифметичні;
- в) експонентні;
- г) параболічні;
- д) алгебраїчні.

5.25. Перетворення логічної функції до такого виду, коли в ній немає членів, що повторюються:

- а) цілком необхідно при розрахунках надійності;
- б) не обов'язково при розрахунках надійності;
- в) необхідно за наявності у системі $1/3 - 1/5$ елементів із високим ризиком;
- г) необхідно за наявності у системі половини елементів із високим ризиком;
- д) необхідно за наявності у системі більшості (більше половини) елементів із високим ризиком.

5.26. Приклад виразу кон'юнкції:

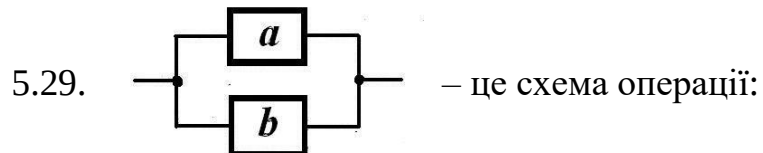
- а) $C = A \wedge B$;
- б) $C = A \in B$;
- в) $C = A \cdot B$;
- г) $C = \overline{A \cdot B}$;
- д) $C = A \vee B$.

5.27. Приклад виразу диз'юнкції:

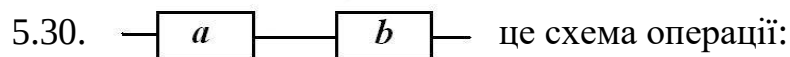
- а) $C = A \wedge B$;
- б) $C = A \in B$;
- в) $C = A \cdot B$;
- г) $C = \overline{A \cdot B}$;
- д) $C = A \vee B$.

5.28. Приклад виразу заперечення:

- а) $C = A \wedge B$;
- б) $B = \overline{A}$;
- в) $C = A \cdot B$;
- г) $C = \overline{A \cdot B}$;
- д) $C = A \vee B$.



- а) заперечення;
- б) диз'юнкції;
- в) кон'юнкції;
- г) мінімізації;
- д) максимізації.



- а) заперечення;
- б) диз'юнкції;
- в) кон'юнкції;
- г) мінімізації;
- д) максимізації.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи надійності та діагностики інформаційних систем : навч.посіб. / В. В. Вишнівський, В. В. Василенко, М. П. Гніденко та ін. – Київ : ННІТ ДУТ, 2020. – 184 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/729/view/2056?lang=ua&act=view&page=1&category=729&id=2056>, вільний).
2. Мещеряков В. І. Лабораторний практикум з дисципліни «Надійність інформаційних систем» [Електрон. ресурс] / В. І. Мещеряков, К. В. Черепанова. – Електрон. текст. дані. – Одеса, 2022. – 68 с. – Режим доступу: http://eprints.library.odeku.edu.ua/10753/1/MESHCHERYAKOV%20VI_CHEREPANOVA%20KV_Nadiynist_informatsiynykh_system_LP_2022.pdf, вільний (дата звернення: 20.05.2025). – Назва з екрана.
3. Мещеряков В. І. Надійність інформаційних систем [Електрон. ресурс] : конспект лекцій. / В. І. Мещеряков К. В. Лашина. – Електрон. текст. дані. – Одеса : ОДЕКУ, 2022. – 80 с. – Режим доступу: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/10754/>, вільний (дата звернення: 20.05.2025). – Назва з екрана.
4. GeoGebra Динамічна математика для навчання та викладання [Електрон. ресурс] : [вебсайт]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <http://www.geogebra.org/>, вільний (дата звернення 20.05.2025). – Назва з екрана.
5. Табличний процесор Google-таблиці. [Електрон. ресурс] : [вебсайт]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://docs.google.com/spreadsheets/u/0/>, вільний (дата звернення 20.05.2025). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до виконання практичних та самостійних робіт
із навчальної дисципліни

«НАДІЙНІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ»

*(для здобувачів 4 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності
F6 – Інформаційні системи та технології)*

Укладач **БУЛАЄНКО** Марина Володимирівна

Відповідальний за випуск *М. В. Булаєнко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *М. В. Булаєнко, І. В. Волосожарова*

План 2023, поз. 223М

Підп. до друку 21.11.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 4,2.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.