

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

**ТЕСТУВАННЯ, НАДІЙНІСТЬ, КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТИКА
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

Методичні вказівки і завдання

до лабораторних робіт

для студентів 5-курсу інженерно-технічного факультету

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

за спеціальністю

8.05010201 – «Комп'ютерні системи та мережі»

Методичні вказівки і завдання до лабораторних робіт з курсу «Тестування, надійність, контроль та діагностика комп'ютерних систем» для студентів 5-го курсу інженерно-технічного факультету освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 8.05010201 – «Комп'ютерні системи та мережі».

Укладач: Пойда В.Ю., доцент,

Відповідальний за випуск: Король І.Ю., канд. фіз.-мат. наук, доцент, зав. кафедри комп'ютерних систем та мереж.

Даний навчально-методичний посібник розглянуто та схвалено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та мереж, протокол № 9 від 30.01.14 та методичної комісії інженерно-технічного факультету, протокол № 4 від 4.03.14.

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1. Визначення показників надійності за результатами випробувань і експлуатації виробів	5
Лабораторна робота № 2. Розрахунок надійності системи з незалежними елементами, що працюють до першої відмови	10
Лабораторна робота № 3. Застосування розрахунково-експериментального методу оцінки показників надійності виробів за результатами короткочасних випробувань	14
Лабораторна робота № 4. Прогнозування оцінок показників надійності	20
Список літератури	24

Вступ

Забезпечення надійності технічних засобів є однією з основних задач науки і техніки. Оскільки ненадійні вироби ніколи і нікому не були потрібні, то проблемам надійності приділялась увага протягом усіх періодів розвитку техніки. Особливого значення проблеми надійності технічних засобів набули у другій половині ХХ століття. Ще більшого загострення проблема отримала у комп'ютерних системах. Характер роботи комп'ютерних систем такий, що іноді досить спотворення одного сигналу, щоб зруйнувати результат тривалих обчислень.

Даний лабораторний практикум призначений для набуття студентами навичок у розрахунку показників надійності різних систем. Практикум складається з чотирьох лабораторних робіт. Перед тим як приступити до виконання чергової лабораторної роботи, рекомендується розібратись з теоретичними аспектами проблеми, які викладені у рекомендованій літературі, та розглядаються на лекціях.

Оскільки між лабораторними роботами є тісний зв'язок, то роботи доцільно виконувати у порядку, запропонованому у методичних вказівках. Тільки при успішному виконанні та захисту чергової роботи рекомендується переходити до наступної роботи.

Лабораторна робота №1

Визначення показників надійності за результатами випробувань і експлуатації виробів

1. Мета роботи

Вивчити методи побудови основних показників надійності виробів на основі експериментальних даних. Розробити програмний комплекс обробки статистичних даних по відмовам виробів в процесі досліджень на надійність або в процесі їх експлуатації.

2. Методика визначення показників надійності

Нехай під спостереженням в процесі випробувань або експлуатації перебувало N ($N=100$) однотипних виробів, що працюють до першої відмови. Позначимо через $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_{N-1}, t_N$ значення моментів часу виходу з ладу всіх розглянутих виробів. Розділимо весь діапазон часу безвідмовної роботи всіх N виробів на n інтервалів часу:

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i, \quad i = \overline{(0, n-1)}. \quad (1)$$

При цьому $t_0=0$, $t_n = \max_{1 \leq k \leq N} t_k$.

Визначимо кількість відмов Δr_i виробів, що доводяться на кожний i -ий інтервал часу. Статистична оцінка інтенсивності відмов, що відповідає кожному i -му інтервалу часу обчислюється по формулі:

$$\lambda_i^* = \frac{\Delta r_i}{(N - r_{i-1}) \Delta t_i}, \quad i = \overline{(0, n-1)}. \quad (2)$$

Загальна кількість відмов спостережуваних виробів в інтервалі часу $(0, t_i)$ обчислюється за допомогою співвідношення виду:

$$r_{i-1} = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta r_j. \quad (3)$$

Статистична оцінка густини розподілу відмов визначається як

$$f_i^* = \frac{\Delta r_i}{N \Delta t_i}, \quad i = \overline{(0, n-1)}. \quad (4)$$

Статистична оцінка функції надійності виробу обчислюється як

$$p_i^* = 1 - (r_i / N), \quad i = \overline{(0, n-1)}, \quad (5)$$

де $r_i = \sum_{j=1}^i \Delta r_j$ - число об'єктів, що відмовили в інтервалі часу $(0, t_i)$.

Для перевірки правильності визначення оцінок показників надійності використовується зв'язок між показниками $\lambda(t)$, $p(t)$ і $f(t)$ виду:

$$\lambda_i^* = \frac{f_i^*}{p_i^*}, \quad i = \overline{(0, n-1)}. \quad (6)$$

На практиці для зручності інтерпретації експериментальні значення показників надійності $\lambda(t)$, $p(t)$ і $f(t)$ представляються у формі гістограм.

В технічній документації на вироби часто використовується такий показник як середній наробіток на відмову. Оцінка такого показника має вигляд:

$$m_t^* = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k. \quad (7)$$

3. Порядок виконання роботи

1. Вивчення методики визначення показників надійності за експериментальним даними.
2. Внесення в програму вибірки та її сортування за зростанням. Вибірка в індивідуальному варіанті рахується з ліва на право і з верху в низ.
3. Вибір величини n і інтервалів Δt_i , $i = \overline{(0, n-1)}$.
4. Розробка і програмування алгоритму визначення значень Δr_i і r_i , $i = \overline{(0, n-1)}$
5. Розробка і програмування алгоритму розрахунку показників надійності за формулами (2), (4), (5), (7).

6. Програмування процедури контролю вірності розрахунків з використанням виразу (6).

7. Виведення результатів розрахунків здійснити у вигляді таблиці

Інтервали	Кіл-ть відмов	Інтенсивність Відмов	Густина розподілу	Функція надійності	Контроль
(t_i, t_{i+1})	Δr_i	λ_i^*	f_i^*	p_i^*	$\lambda_i^* p_i^* - f_i^* = 0$

Середній наробіток на відмову =... година.

8. Побудувати графіки функцій графіки чотирьох функцій $\Delta r_i(t_i)$, $\lambda_i^*(t_i)$, $f_i^*(t_i)$, $p_i^*(t_i)$. На кожному графіку повинно бути по 3 кривих - для трьох варіантів величин ($n=5; 40; 70$).

9. Зробити наступні висновки:

- який вплив величини n на значення показників надійності;
- дати висновок про вид закону розподілу часу безвідмовної роботи (рівномірний, показовий або експонентний).

-

4. Варіанти завдань для самостійної роботи

Варіант 1									
1526.74	877.25	1230.87	78.51	398.46	1005.59	1001.15	1559.50	743.99	1125.89
1817.16	503.66	1171.17	795.63	2174.88	2091.54	1153.96	1113.08	1124.94	1937.81
1240.01	772.88	971.48	415.77	767.02	2086.46	836.50	373.69	1224.82	189.09
1529.62	655.63	882.15	713.83	1509.38	493.87	2179.42	1535.96	1866.98	1632.76
719.97	1089.82	818.61	1304.82	1744.36	1478.42	923.85	930.26	1238.67	377.05
989.24	1342.18	1089.42	1205.71	1258.34	502.91	987.07	880.64	1128.04	1185.34
294.47	817.17	1017.04	385.18	745.68	494.14	912.63	1154.24	840.70	983.05
578.27	1182.42	1035.55	1003.67	591.59	478.88	628.18	453.28	891.22	1287.79
614.21	984.36	1451.39	619.09	1039.90	154.40	832.98	674.03	592.85	1820.50
1121.96	1516.11	973.85	458.80	1260.33	1428.01	1947.18	909.25	2094.14	1271.21
Варіант 2									
1603.88	1344.74	468.83	22.53	339.53	1267.18	1132.66	1295.70	14.08	568.11
613.72	254.77	1031.36	654.89	804.24	249.60	850.93	451.66	627.67	303.04
1175.03	933.87	246.90	607.96	1112.76	1305.83	207.91	1062.64	601.65	1399.95
1647.97	120.67	395.02	256.95	761.24	1649.05	362.10	1292.80	1176.50	1184.83
1604.18	1493.42	1553.96	177.03	1615.34	914.16	1250.65	409.55	509.46	744.89
556.23	1320.53	31.02	346.61	793.56	1652.62	852.92	744.36	1649.89	609.34
743.04	780.42	198.33	786.57	1606.11	923.41	1493.97	543.20	442.45	102.79
972.67	613.16	1439.56	1399.09	1113.96	104.44	35.97	1109.75	63.23	845.41

375.55	1223.40	486.94	1066.02	1134.98	627.56	558.22	1546.88	293.46	909.69
1159.37	1051.06	1397.02	1271.52	378.43	1667.96	949.27	890.76	206.35	49.51

Вариант 3

518.59	437.11	791.01	1999.79	660.82	343.81	199.40	826.83	386.60	383.62
461.16	791.71	214.32	823.86	3222.62	1689.37	361.16	35.80	152.12	619.51
1247.03	779.54	834.56	459.65	656.88	307.03	21.54	1398.38	253.43	1685.94
100.77	99.76	202.02	222.54	63.44	121.79	652.98	449.16	270.99	205.16
175.13	209.68	1206.50	126.05	951.70	2113.06	90.69	1585.01	1435.21	1877.41
558.31	239.19	3110.54	1329.71	77.40	947.26	640.23	1448.77	197.62	1290.27
685.46	52.43	830.20	2373.89	2446.58	55.94	142.54	429.87	549.82	55.09
543.52	1360.14	641.80	634.58	663.35	1428.51	521.50	2645.90	296.62	2679.55
1590.28	92.98	434.96	1746.04	119.19	25.50	234.28	862.76	343.57	942.25
502.52	1935.06	1699.54	1573.28	793.66	1589.20	942.15	1668.62	12.78	406.40

Вариант 4

765.62	726.93	1136.41	673.90	1089.17	739.69	335.68	698.09	977.91	760.01
429.84	713.73	293.63	447.01	537.71	846.10	584.21	549.17	773.29	613.97
686.80	15.04	361.38	1065.17	370.90	1143.80	275.75	882.27	966.53	665.93
852.18	25.68	464.84	421.30	909.19	361.76	176.18	449.80	386.07	260.98
333.33	122.00	251.02	719.54	274.73	699.45	127.40	794.19	824.23	611.74
586.61	823.39	891.77	859.23	839.24	498.15	939.27	327.14	243.07	567.47
382.43	277.77	438.75	953.95	228.87	456.08	450.38	376.99	188.72	220.38
328.67	498.29	307.76	677.88	271.52	520.12	590.57	790.37	749.69	828.33
623.63	514.83	622.41	605.53	705.93	929.01	277.99	971.70	467.13	839.66
251.96	587.32	1003.18	425.54	347.69	804.00	479.41	860.60	767.04	262.59

Вариант 5

790.83	1197.25	645.69	1073.97	530.45	1287.11	148.04	225.20	652.53	744.82
443.01	652.95	40.08	172.46	730.36	660.64	138.96	1296.55	936.05	653.40
157.93	1058.32	135.37	1231.01	841.78	517.96	192.30	584.75	938.97	182.63
170.66	581.93	130.57	864.28	543.76	638.87	829.77	165.65	845.53	879.25
305.05	512.95	226.79	691.45	600.83	344.76	498.02	793.65	294.57	314.29
83.68	658.07	1301.94	577.27	783.11	40.60	506.91	1258.80	1099.71	930.07
65.92	660.21	1221.29	174.79	425.09	111.49	425.96	339.89	336.62	467.24
1158.49	363.98	427.77	1064.39	1188.96	581.50	819.04	802.89	211.86	892.90
183.03	54.60	384.92	509.89	128.97	1148.75	1026.63	371.63	1265.70	401.45
761.37	720.93	565.82	677.06	318.18	673.94	1247.74	1109.10	783.38	560.39

Вариант 6

4632.79	52.49	616.10	1762.45	3375.40	1758.62	355.48	624.68	1914.73	1007.90
443.86	729.38	1505.78	1511.42	1699.24	11.39	2813.90	132.97	437.22	30.09
1883.54	82.04	4055.73	2041.56	3353.71	1280.80	44.67	11.44	597.41	2527.31
530.90	304.99	1372.83	414.89	174.84	278.74	2769.88	694.14	710.98	109.92
140.63	1140.32	284.97	4653.00	60.92	1351.68	48.88	1081.18	948.02	3282.84
529.00	4444.54	2329.22	1777.19	782.38	1011.13	563.67	156.82	678.68	2212.08
1101.80	2474.24	435.76	1053.27	647.07	1492.87	968.08	511.82	7413.10	892.61
5176.44	2046.63	9405.82	2378.50	949.47	51.76	1880.58	2265.96	5034.44	924.10
399.62	1155.25	932.29	45.20	241.57	1617.53	25.37	1665.33	508.67	447.00
1008.04	4294.52	87.46	1182.56	1371.03	344.76	1441.06	496.84	314.19	996.42

Лабораторна робота №2

Розрахунок надійності системи з незалежними елементами, що працюють до першої відмови

1. Мета роботи

1) Вивчити методи розрахунку функції надійності системи з урахуванням різноманітних зв'язків її елементів.

2) Одержати навички декомпозиції довільних структур аналізованих систем і алгоритмізації завдань розрахунку їхньої надійності.

3) Розробити програмний комплекс розрахунку надійності складних систем з незалежними елементами, що працюють до першої відмови.

2. Порядок виконання роботи

Виконання даної лабораторної роботи містить у собі 2 розділи:

1. Аналіз послідовного і паралельного з'єднання елементів;

2. Визначення надійності заданого варіанта схеми, що складаються з наступних етапів:

2.1. Вивчення методики розрахунку надійності систем (розділ 3 даного посібника).

2.2. Розробка процедур розрахунку показників надійності для значень, що задаються в діалоговому режимі, n і $(1, \dots, \lambda_n)$ (див. табл.П1), в наведеній таблиці кожний стовпець відповідає обраному варіанту (1-4), у графі « n » розташовані 3 можливі значення n . Значення λ_i , для обраної кількості елементів n представлені в табл.П1 у стовпці, у нижній частині якого розташований номер індивідуального варіанта.

Примітка: при обчисленні середнього часу безвідмовної роботи

$T_c = \int_0^{\infty} p_c(t) dt$ одним із чисельних методів інтегрування (метод прямокутників,

метод трапецій і тощо) необхідно вибрати величину верхньої межі у формулі рівною досить великому числу M , при якому $p(M) \approx 0$.

2.3. Задатися значенням τ (наприклад, $\tau = 3T_C$, за допомогою виразу $T_C = 1/\lambda_C$ або $T_C = \int_0^{\infty} p_C(t) dt$ розрахувати величини T_C , $p(t)$, $q(t)$ для послідовного та паралельного з'єднання елементів.

2.4. Виведення результатів розрахунку здійснювати у вигляді таблиці:

t, годин	n=...T _{C,посл} =...T _{C,пар} =...			
	Послідовне з'єднання		Паралельне з'єднання	
	p(t)	q(t)	p(t)	q(t)

і в графічній формі (наприклад, за допомогою засобів Microsoft Office).

2.5. Привести розрахунки для 3 варіантів кількості елементів n (див. табл.П1) і **зробити кількісний висновок**: який з видів з'єднань має більш високу надійність.

2.6. Для заданого індивідуального варіанта структури системи вивести формули для обчислення функцій $p(t)$, $q(t)$ і T_C з діалоговим введенням значень $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$... (значення інтенсивностей відмов вибираються з табл.П1 відповідно до графі «Варіант»).

2.7. Провести розрахунки показників надійності системи для 3-х варіантів значень $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, у тому числі для варіанта $\lambda_i = \lambda$, $i = (\overline{1, n})$ (див. табл.П1), що відповідає випадку використання рівнонадійних елементів (див. **примітка**). Виведення результатів проводити у вигляді наступної таблиці

t, ГОДИН	T _C =...							
	p ₁ (t)	Q ₁ (t)	p ₂ (t)	q ₂ (t)	...	q _n (t)	p(t)	q(t)

2.8. Зробити **кількісно обґрунтований висновок** по наступних питаннях:

- як впливає рівнонадійність елементів на загальну надійність системи?
- які елементи системи є критичними з погляду її надійності?

Примітка: яким чином вибирати 3 різних варіанти значень λ_i , $i = (\overline{1, n})$?

Наприклад, номер Вашого індивідуального варіанта – 8. Тоді як перший варіант використовуйте значення λ_i , наведений у стовпці №2 (див. табл.П1), як другий варіант використовуйте рівнонадійні значення $\lambda_i = \lambda$, взятих з перетинання стовпця №2 з рядком « λ ». Як третій варіант використовуйте значення λ_i , розташованих праворуч від Вашого стовпця (тобто стовпця №3). Відповідно, якщо номер Вашого індивідуального варіанта 16, 17, 18, 19 або 20, то як третій варіант значень λ_i Ви повинні використовувати стовпець №1.

4. Зміст звіту

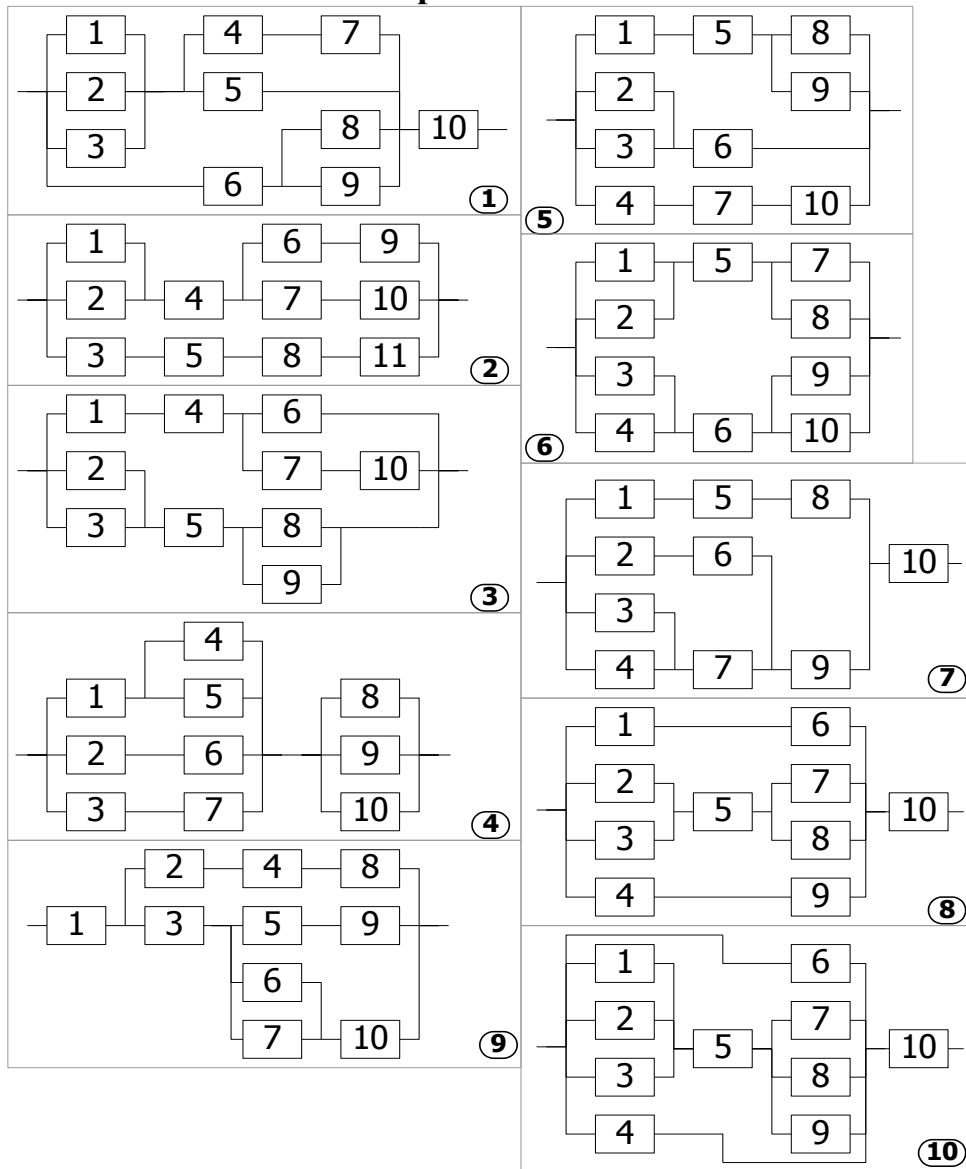
1. Постановка завдання.
2. Блок-схема алгоритму аналізу надійності послідовного і паралельного з'єднання.
3. Сімейство графіків $p(t)$ (3 шт.) для послідовного з'єднання.
4. Сімейство графіків $q(t)$ (3 шт.) для послідовного з'єднання.
5. Сімейство графіків $p(t)$ (3 шт.) для паралельного з'єднання.
6. Сімейство графіків $q(t)$ (3 шт.) для паралельного з'єднання.
7. Висновки
8. Індивідуальний варіант схеми з'єднання елементів, наведений до виду, зручному для декомпозиції.
9. Кінцева декомпозиція схеми з'єднання елементів.
10. Сімейство графіків $p_C(t)$ (3 шт.).
11. Сімейство графіків $q_C(t)$ (3 шт.).
12. Обчислене значення наробітку на відмову T_C (3 шт.).
13. Кілісно-обоснований висновок

Таблиця 2.1 - Інтенсивність відмов елементів

i	λ_i , годин ⁻¹			
	1	2	3	4
1	1/100	1/200	1/500	1/200
2	1/200	1/300	1/200	1/100
3	1/300	1/400	1/200	1/200
4	1/400	1/400	1/400	1/300

i	$\lambda_i, \text{ГОДИН}^{-1}$			
	1	2	3	4
5	1/500	1/500	1/300	1/500
6	1/300	1/200	1/100	1/100
7	1/300	1/300	1/200	1/400
8	1/100	1/100	1/500	1/300
9	1/200	1/200	1/300	1/500
10	1/100	1/300	1/200	1/400
11	1/400	1/100	1/300	1/400
n	5,7,10	6,8,9	4,7,11	5,8,10
λ	1/400	1/200	1/300	1/500
Варіант	1-5	6-10	11-15	16-20

Варіанти 1-10



Лабораторна робота №3.

Застосування розрахунково-експериментального методу оцінки показників надійності виробів за результатами короткочасних випробувань

1. Мета роботи

- 1) Вивчення методів моделювання законів розподілу показників надійності (ПН);
- 2) Вивчення розрахунково-експериментального методу (РЕМ) оцінки показників надійності виробів при наявності неповної статистики;
- 3) розробка програмного забезпечення обробки неповних статистичних даних по відмовах виробу із застосуванням РЕМ.

2. Постановка завдання

У випадках, коли застосування експериментального методу із причин великих матеріальних і часових витрат неможливе, використовують РЕМ для оцінки комплексних ПН, таких як наробіток на відмову, коефіцієнт готовності та інше.

При використанні методу статистичного моделювання визначення функції розподілу ПН здійснюється при багаторазовому моделюванні на ЕОМ процесу випробувань зразка і обробки статистичних даних.

Конкретизуємо цей метод стосовно до оцінки наробітку на відмову апаратури без резервування (тобто всі блоки апаратури з'єднані послідовно). Необхідним значенням ПН є $T_{\text{ТРЕБ}}$.

Розглянемо основні співвідношення, справедливі для ПН, розподіленого за показовим законом:

$$T = \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \right]^{-1}; \quad T_{\Sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{\Sigma,i}; \quad T_i = \begin{cases} \frac{T_{\Sigma,i}}{r_i}, & r_i > 0 \\ 1,44 \cdot T_{\Sigma,i}, & r_i \neq 0 \end{cases}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де T – середній наробіток на відмову всього виробу; T_i – середній наробіток на відмову i -го блоку; r_i – кількість зафіксованих за період випробувань відмов i -го блоку виробу; $T_{\Sigma,i}$ – наробіток i -го блоку виробу за період випробувань; T_{Σ} – загальний наробіток виробу; n – кількість блоків виробу.

Будемо вважати, що за результатами проведених випробувань апаратури відомі наступні значення: $r_i, i = \overline{1, n}$ і $T_{\Sigma,i}$.

Методика містить в собі алгоритм побудови границь довірчої області $W(T)$ (рис.1) за допомогою статистичного моделювання відмов апаратури, визначення границь довірчого інтервалу і застосування вирішального правила, наведеного на рис.2. Крапкова оцінка ПН T_j з ймовірністю, рівною γ , перебуває в інтервалі $[T_A^{(j)}, T_B^{(j)}]$.

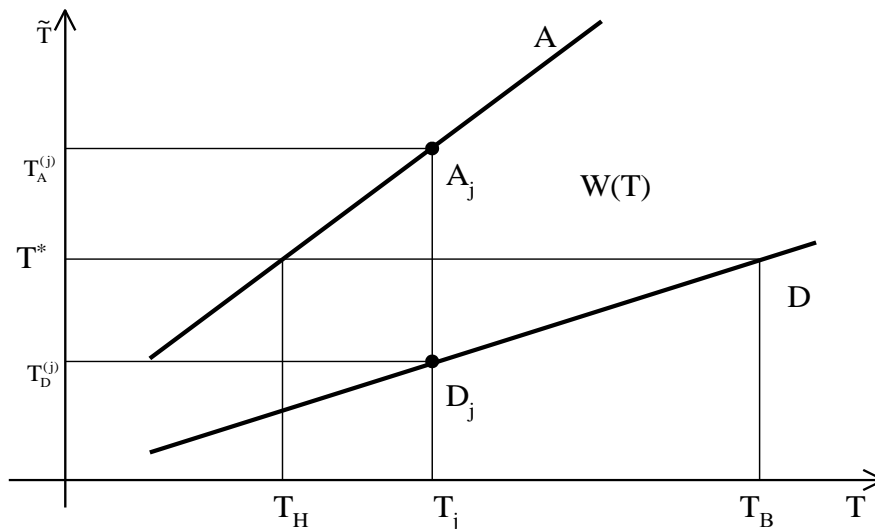


Рисунок 3.1 - Побудова довірчої області $W(T)$.

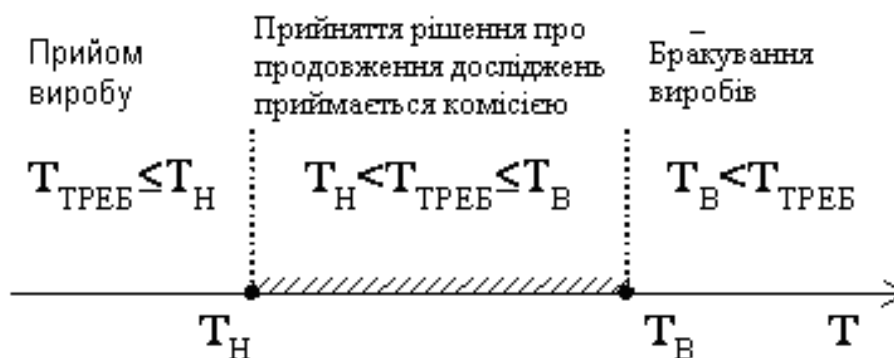


Рисунок 3.2 - Вирішальне правило ухвалення рішення

3. Алгоритм реалізації РЕМ

Розглянемо алгоритм статистичного моделювання відмов апаратури за фіксований період:

1. Фіксуємо початкове значення номера статистичного експерименту $j=0$.
2. Перевірка умови $j>0$. При його виконанні здійснюємо перехід до п.3. В протилежному випадку думаємо $T_{\Sigma,0}=T$ (значення T обчислюється за допомогою виразу (1)) і переходимо до п.14.
3. Фіксуємо $i=1$.
4. Перевірка умови $r_i=0$. При його виконанні приймаємо $T_{ij}=T_i$ і переходимо до п.9, в протилежному випадку перехід до п.5.
5. Фіксуємо $s=1$.
6. Генеруємо за допомогою датчика псевдовипадкових чисел випадкову величину ξ_s , розподілену за рівномірним законом в інтервалі $[0,1]$.
7. Перевірка умови $s<r_i$. При його виконанні думаємо $s=s+1$ і здійснюємо повернення до п.6, в протилежному випадку перехід до п.8.
8. Обчислюємо реалізацію випадкової величини наробітку i -го блоку виробу на відмову, розподіленого за законом χ^2 з параметром T_i :

$$T_{ij} = - \left[\sum_{s=1}^{r_i} \ln \xi_s \right]^{-1} T_i. \quad (2)$$

9. Перевірка умови $i<n$. При виконанні цієї умови думаємо $i=i+1$ і переходимо до п.4, в протилежному випадку переходимо до п.10.
10. На підставі співвідношення (1) обчислюємо значення наробітку на відмову виробу в цілому, використовуючи вираз (2):

$$T_{\Sigma,j} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{ij}} \right]^{-1}. \quad (3)$$

11. Запам'ятовуємо обчислене значення $T_{\Sigma,j}$ у масиві.
12. Перевірка умови $(j \text{ MOD } 100) \neq 0$ (операція MOD – обчислення залишку від розподілу). Якщо умова виконується, то перехід до п.14, у протилежному випадку обчислюємо точність моделювання за допомогою наступного виразу:

$$\varepsilon = t_\gamma \sqrt{\left[\left(\sum_{k=1}^j T_{\Sigma,k} \right)^{-2} \sum_{k=1}^j T_{\Sigma,k}^2 - \frac{1}{j} \right] \frac{j}{j-1}}, \quad (4)$$

де величина t_γ для заданої довірчої ймовірності γ визначається з табл.1.

13.Перевірка умови $\varepsilon \leq \varepsilon_{\text{зад}}$, де $\varepsilon_{\text{зад}}$ – задана точність моделювання ($\varepsilon_{\text{зад}}=0.001; 0.0001$). При виконанні умови перехід до п.15.

14.Обчислюємо $j=j+1$ і вертаємося до п.3.

15.Запам'ятовуємо кількість проведених дослідів $m=j$.

16.З величин $T_{\Sigma,j}$, $j = \overline{0, m}$ формуємо варіаційний ряд, розташовуючи їх у порядку зростання.

17.Обчислюємо ймовірності визначення верхньої і нижньої границі інтервальної оцінки за допомогою виразів:

$$\gamma_1 = \frac{1-\gamma}{2}; \gamma_2 = \frac{1+\gamma}{2}. \quad (5)$$

18.Визначаємо верхню і нижню границі довірчого інтервалу як квантили розподілу $\{T_{\Sigma,j}\}$ при ймовірностях γ_1 і γ_2 (це такі елементи варіаційного ряду, номери яких найбільш близькі до значень $m \cdot \gamma_1$ і $m \cdot \gamma_2$):

$$T_H = T_{\Sigma, m\gamma_1}; T_B = T_{\Sigma, m\gamma_2}. \quad (6)$$

19.На підставі обчисленої інтервальної оцінки і необхідного значення ПН ($T_{\text{ТРЕБ}}$) застосовуємо вирішальне правило (див. рис.2).

Таблиця 3.1 - Значення величини t_γ .

γ	t_γ	γ	t_γ	γ	t_γ
0.800	1.282	0.950	2.960	0.990	2.580
0.900	1.645	0.980	2.330	0.999	3.290

4. Порядок виконання роботи

Вихідні дані (r_i , $T_{\Sigma,i}$, n , $T_{\text{ТРЕБ}}$, γ) вибираються згідно індивідуального варіанта (величини T і T_i , необхідні для моделювання, обчислюються відповідно до співвідношень (1)). У кожному варіанті представлено 3 набори

даних (тобто на випробування було поставлено 3 комплекти однотипного виробу). Для кожного з комплектів необхідно застосувати алгоритм РЕМ (пп. 1-19) і вирішальне правило (див. мал.2) згідно заданих значень необхідного ПН.

Рекомендація: для зберігання вибірки моделювання і побудови варіаційного ряду $T_{\Sigma j}$ використовуйте досить об'ємний масив (порядку 300-400 елементів).

5. Зміст звіту

1. Постановка завдання.
2. Алгоритм реалізації РЕМ.
3. Номер і зміст індивідуального варіанта.
4. Далі для кожного із заданих комплектів:

Обчислене за допомогою виразу (1) значення середнього наробітку і наробітку на відмову виробу.

Графік, що містить отриманий варіаційний ряд.

Графік, що відображає залежність точності моделювання (від обсягу вибірки) .

Отриманий інтервал розподілу крапкової оцінки ПН $[T_H, T_B]$.

Результат моделювання, виражений у використанні вирішального правила (див. рис.2) для заданих значень $T_{ТРЕБ}$.

6. Варіанти завдань

Варіант	n	G	$T_{ТРЕБ}$	Компл.	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7	0.90	400, 500	1	r_i	0	3	1	3	0	1	3		
					$T_{\Sigma i}$	153	147	148	181	182	162	180		
				2	r_i	0	0	2	2	1	2	2		
					$T_{\Sigma i}$	322	354	376	345	390	379	362		
				3	r_i	0	0	2	0	0	0	0		
					$T_{\Sigma i}$	195	172	126	189	122	130	176		
2	8	0.80	500, 200	1	r_i	1	2	0	0	0	0	0	1	
					$T_{\Sigma i}$	526	526	539	539	500	489	471	502	
				2	r_i	1	3	2	2	4	3	2	2	
					$T_{\Sigma i}$	184	160	191	168	140	172	124	175	
				3	r_i	0	1	0	3	0	1	0	0	
					$T_{\Sigma i}$	273	228	275	277	245	300	260	245	

3	8	0.90	250, 300	1	r_i	2	4	2	0	2	1	2	2	
					$T_{\Sigma i}$	436	466	428	442	446	495	493	450	
				2	r_i	0	3	0	3	4	0	2	0	
					$T_{\Sigma i}$	406	402	408	433	422	370	433	376	
				3	r_i	2	3	3	0	1	3	2	0	
					$T_{\Sigma i}$	379	408	385	404	404	384	395	404	
4	9	0.80	400, 200	1	r_i	0	3	2	4	3	3	2	0	2
					$T_{\Sigma i}$	493	535	517	523	482	533	494	503	485
				2	r_i	1	4	0	1	0	0	0	4	0
					$T_{\Sigma i}$	483	421	499	436	423	460	451	441	447
				3	r_i	0	2	1	4	0	2	3	0	4
					$T_{\Sigma i}$	530	480	483	529	547	522	512	539	540
5	8	0.85	200, 300	1	r_i	4	3	0	0	1	0	0	1	
					$T_{\Sigma i}$	377	381	320	327	336	387	375	329	
				2	r_i	3	0	2	4	2	0	1	1	
					$T_{\Sigma i}$	180	144	169	143	162	167	143	176	
				3	r_i	3	1	0	0	0	1	3	2	
					$T_{\Sigma i}$	160	187	143	129	126	121	200	157	
6	8	0.90	400, 150	1	r_i	3	4	0	0	2	3	2	4	
					$T_{\Sigma i}$	285	286	286	333	290	345	336	301	
				2	r_i	3	4	0	2	3	2	3	2	
					$T_{\Sigma i}$	369	330	387	397	326	361	394	386	
				3	r_i	1	3	0	2	2	0	2	2	
					$T_{\Sigma i}$	464	469	489	430	431	441	476	481	
7	9	0.95	250, 400	1	r_i	3	0	2	0	2	0	1	2	4
					$T_{\Sigma i}$	145	192	167	140	189	165	146	171	128
				2	r_i	3	0	0	3	3	3	4	0	0
					$T_{\Sigma i}$	392	353	328	366	388	337	398	399	349
				3	r_i	3	2	0	0	0	2	0	0	4
					$T_{\Sigma i}$	556	567	538	569	573	553	533	570	522
8	9	0.999	450, 400	1	r_i	1	2	1	2	0	2	0	1	3
					$T_{\Sigma i}$	283	275	229	230	271	239	295	245	294
				2	r_i	0	2	3	0	0	0	0	0	0
					$T_{\Sigma i}$	313	295	304	324	329	343	304	315	281
				3	r_i	2	0	0	3	4	4	3	0	3
					$T_{\Sigma i}$	180	194	139	190	144	164	147	176	179
9	8	0.90	500, 300	1	r_i	2	2	1	0	3	0	4	0	
					$T_{\Sigma i}$	462	436	464	466	472	490	465	465	
				2	r_i	4	1	1	0	1	0	0	2	
					$T_{\Sigma i}$	187	191	198	211	198	203	229	215	
				3	r_i	4	2	2	0	3	1	0	0	
					$T_{\Sigma i}$	148	189	181	143	175	195	152	137	
10	9	0.85	450, 250	1	r_i	2	0	0	0	0	2	2	2	0
					$T_{\Sigma i}$	231	298	271	284	242	270	298	240	290
				2	r_i	0	0	3	0	4	0	2	0	2
					$T_{\Sigma i}$	169	161	193	151	146	169	164	166	150
				3	r_i	0	0	0	2	1	2	0	2	0
					$T_{\Sigma i}$	295	335	347	298	331	333	290	304	279

Лабораторна робота №4

Прогнозування оцінок показників надійності

1. Мета роботи

Мета роботи полягає у вивченні методу найменших квадратів для побудови прогнозу оцінки показників надійності (ПН), отриманих за допомогою розрахунково-експериментального методу (РЕМ); розробка програмного забезпечення обробки результатів РЕМ з метою прогнозування ПН.

2. Постановка завдання

Розглянемо завдання екстраполяції результатів оцінки комплексних ПН, отриманих за допомогою РЕМ, з метою побудови прогнозу для оцінки характеру проведення випробувань для виробу в цілому. Для застосування методики необхідно використовувати оцінки ПН, отримані при випробуванні N_k комплектів (у нашій випадку зупинимося на трьох комплектах, розглянутих в попередній лабораторній роботі):

$$\{T^{(i)}, T_H^{(i)}, T_B^{(i)}\}, i = \overline{1, N_k}, \quad (1)$$

де значення $(T_H^{(i)}, T_B^{(i)})$, $i = \overline{1, N_k}$ є оцінками нижньої і верхньої границь довірчого інтервалу (див. мал.2 практична робота №3); $T^{(i)}$ – наробіток на відмову i -го комплекту, обумовлена зі співвідношень, розглянутих у лабораторній роботі №3).

Для побудови прогнозу необхідно лінеаризувати результати моделювання, скориставшись методом найменших квадратів для знаходження коефіцієнтів лінійних функцій виду:

$$\tilde{T}_H(T) = a_H T + b, \quad \tilde{T}_B(T) = a_B T + b. \quad (2)$$

Коефіцієнти функцій (2) визначаються з наступних співвідношень:

$$a_B = \frac{K_{T_B}^*}{D_T^*}, \quad b_B = m_{T_B}^* - a_B m_T^*; \quad (3)$$

$$a_H = \frac{K_{T_H}^*}{D_T^*}, b_H = m_{T_H}^* - a_H m_T^*,$$

де $m_T^*, m_{T_B}^*, m_{T_H}^*$ - математичні очікування вибірок (1); $K_{T_B}^*, K_{T_H}^*$ - коефіцієнти кореляції; D_T^* - дисперсія вибірки $T^{(i)}$, $i = \overline{1, N_k}$. Вираз для обчислення даних величин мають вигляд:

$$m_T^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} T^{(i)}; m_{T_B}^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} T_B^{(i)}; m_{T_H}^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} T_H^{(i)};$$

$$K_{T_B}^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} T^{(i)} T_B^{(i)} - m_T^* m_{T_B}^*; K_{T_H}^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} T^{(i)} T_H^{(i)} - m_T^* m_{T_H}^*; \quad (4)$$

$$D_T^* = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} (T^{(i)})^2 - (m_T^*)^2.$$

3. Алгоритм прогнозування ПН

Розглянемо методику прогнозування оцінки ПН, на підставі результатів РЕМ, використовуюваного на 3 комплектах:

1. Результати застосування РЕМ (із заданою довірчою ймовірністю γ і точністю моделювання $\epsilon_{\text{зад}}$) вносимо в табл. 1.

Таблиця 4.1 - Результати застосування РЕМ

№ п/п	Загальний наробіток виробу, T_Σ , годин	Кіл-ть відмов по виробу, r	Наробіток на відмову, T , годин	Нижня границя інтервалу, T_H , годин	Верхня границя інтервалу, T_B , годин
1	$T_\Sigma^{(1)}$	$r^{(1)}$	$T^{(1)}$	$T_H^{(1)}$	$T_B^{(1)}$
2	$T_\Sigma^{(2)}$	$r^{(2)}$	$T^{(2)}$	$T_H^{(2)}$	$T_B^{(2)}$
2	$T_\Sigma^{(3)}$	$r^{(3)}$	$T^{(3)}$	$T_H^{(3)}$	$T_B^{(3)}$

2. Для вибірок $(T^{(i)}, T_H^{(i)})$ і $(T^{(i)}, T_B^{(i)})$ за допомогою співвідношень (3), (4) знаходимо коефіцієнти (a, b, a, b) лінійних залежностей виду (2).

3. В координатній площині $T O \tilde{T}$ будуємо два графіки по залежностях (2) (див. рис.1).

4. Для визначення довірчого інтервалу відповідності ПН $T_{\text{ТРЕБ}}$ необхідно знайти на графіку точки перетинання прямих $\tilde{T}_H(T)$ і $\tilde{T}_B(T)$ з горизонталлю $\tilde{T} = T_{\text{ТРЕБ}} = T^*$. Значення нижньої і верхньої границь довірчого інтервалу для значення T^* визначаються за допомогою співвідношень виду:

$$T_H^* = \frac{T^* - b_H}{a_H}; T_B^* = \frac{T^* - b_B}{a_B}. \quad (5)$$

5. Для отриманих інтервалів $[T_H^*, T_B^*]$ і необхідних значень T^* застосовуємо вирішальне правило (див. мал.2 лаб.р.№3).

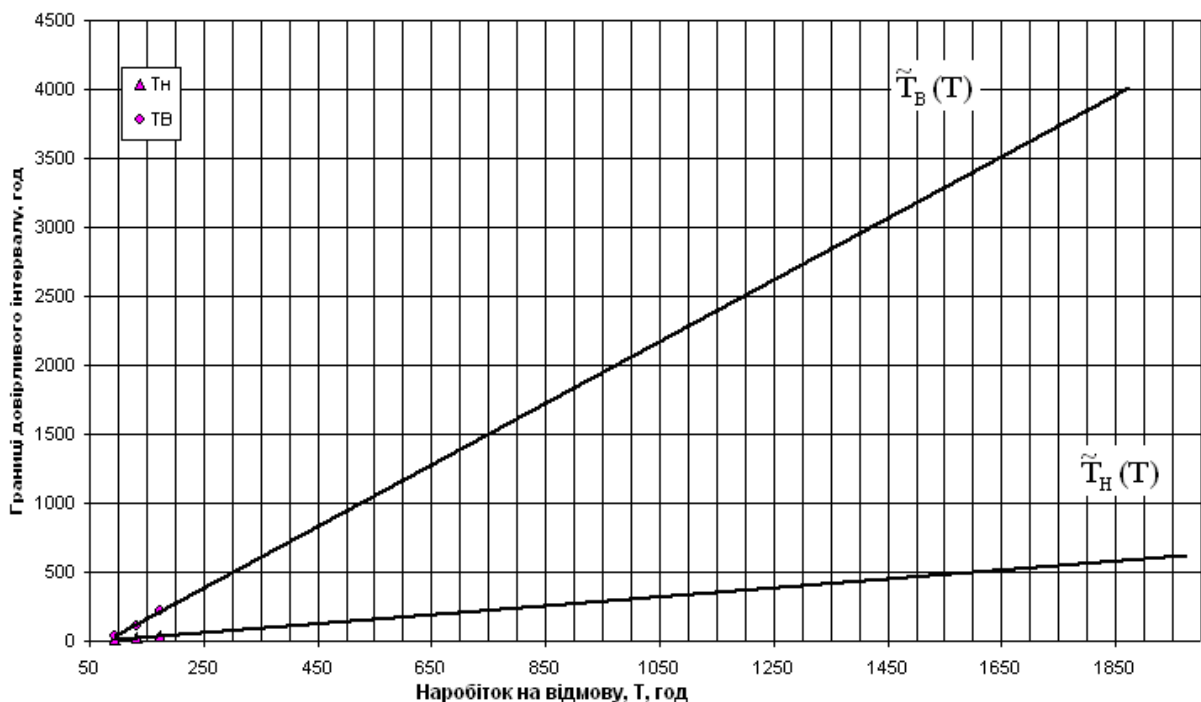


Рисунок 4.1 - Лінійні тренди оцінок ПН

4. Порядок виконання роботи

Вихідні дані T^* вибираються згідно індивідуального варіанта представленого в лаб.р.№3 (два значення із графі « $T_{\text{ТРЕБ}}$ », третє значення прийняти рівному 1800 годин). Далі на підставі результатів РЕМ (див. лаб.р.№3) застосовуємо алгоритм, описаний у п.3.

5. Зміст звіту

1. Постановка завдання.
2. Алгоритм реалізації прогнозу ПН.
3. Номер і зміст індивідуального варіанта.
4. Результати роботи РЕМ, представлені у вигляді табл.1.
5. Графік, що містить побудовані лінійні тренди.
6. Значення прогнозу інтервалів $[T_H^*, T_B^*]$ для заданих значень T^* .
7. Результат прогнозу, виражений у використанні вирішального правила (див. рис.2 лаб.р.№3) для заданих значень T^* (для трьох значень).

Список літератури

1. **Тарасенко В.П., Маламан А.Ю., Черніченко Ю.П., Корнійчук В.І.** Надійність комп'ютерних систем. - К.: „Корнійчук”, 2007. – 256 с.
2. **Власов Е.П., Жданов В.В., Жданов И.В., Корнейчук В.И., Олейник М.В., Полесский С.Н.** Расчет надежности компьютерных систем. - К.: „Корнійчук”, 2003. –187с.
3. **Половко А.М., Гуров С.В.** Основы теории надежности. – СПб, 2006.
4. **Черкесов Г.Н.** Надежность аппаратно-программных комплексов. – СПб, 2005.
5. **Берлоу Р., Прошан Ф.** Математическая теория надежности - М. сов. Радио, 1969.
6. **Голинкевич Т.А.** Прикладная теория надежности. Учебник для вузов. - М. Высш.шк., 1985.
7. **Васілевський О.М., Поджаренко В.О.** Нормування показників надійності технічних засобів. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 129 с.
8. **ДСТУ 2860-94.** Надійність техніки. Терміни та визначення.
9. **ДСТУ 2861-94.** Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні поняття.
10. **ДСТУ 2862-94.** Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги.
11. **ДСТУ 2470-94.** Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення.
12. **ДСТУ 2668-94.** Безвідмовність обслуговування та готовність. Терміни та визначення.
13. **ДСТУ 2504-94.** Засоби обчислювальної техніки, відмовостійкість і живучість. Методи випробовувань.
14. **ДСТУ 2506-94.** Засоби обчислювальної техніки, відмовостійкість і живучість. Загальні технічні вимоги.