

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій транспорту

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЛЯМБДА-МЕТОДОМ

Лабораторна робота № 5

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ
ЛЯМБДА-МЕТОДОМ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт для студентів III курсу спеціалізації
«Комп'ютерні інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»
денної форми навчання

Київ - 2010

УДК 681.3.019.3

Федухін О. В., Гладков В. А. *Дослідження надійності систем лямбда-методом. Дослідження надійності електронних пристроїв лямбда-методом: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / О. В. Федухін, В. А. Гладков. - К.: ДЕТУТ, 2010. - 22 с.*

Методичні вказівки містять теоретичний матеріал і варіанти індивідуальних завдань до лабораторних робіт.

Для студентів III курсу спеціальності 7.092507 «Автоматика і автоматизація на транспорті» спеціалізації 7.092507.01: «Комп'ютерні інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» денної форми навчання.

Розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології транспорту»

Автори: О. В. Федухін, д-р техн. наук, професор кафедри АКІТТ
В. А. Гладков, канд. техн. наук, доц. кафедри АКІТТ

Рецензенти: Г. С. Теслер, д-р техн. наук, професор, ІПММС НАНУ
О. І. Стасюк, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри АКІТТ

ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЛЯМБДА-МЕТОДОМ	6
ВСТУП.....	6
1 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ НЕВІДНОВЛЮВАНИХ СИСТЕМ.....	6
2 ЗАВДАННЯ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ.....	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ЛЯМБДА-МЕТОДОМ	12
ВСТУП.....	12
1 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ.....	12
2 ЗАВДАННЯ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ.....	13
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	18
ДОДАТОК А.....	19
ДОДАТОК Б.....	20

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Лямбда-метод знайшов широке застосування при виконанні орієнтовного розрахунку надійності систем. Орієнтовний розрахунок надійності систем застосовується у таких випадках:

- при перевірці вимог щодо надійності, висунутих замовником у технічному завданні на проектування виробу;
- при розрахунку нормативних даних щодо надійності окремих блоків, пристроїв і приладів системи;
- для визначення мінімально припустимого рівня надійності елементів проектованого виробу;
- при порівняльній оцінці надійності окремих варіантів виробу на етапах ескізного проектування.

Орієнтовний розрахунок надійності дозволяє судити про **принципову можливість забезпечення необхідної надійності виробу обраного варіанта виконання**. В основі орієнтовного розрахунку лежить експоненційний розподіл наробітку до відмови (табл. 1).

Основні характеристики експоненційного розподілу

Таблиця 1

Характеристика експоненційного розподілу	Розрахункова формула
Щільність імовірності	$f(t) = \frac{1}{\lambda} \exp(-\lambda t)$
Модель відмов (функція розподілу наробітку до відмови)	$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$
Модель надійності (імовірність безвідмовної роботи)	$R(t) = \exp(-\lambda t)$
Математичне очікування	$M[t] = \lambda^{-1}$
Дисперсія	$D[t] = \lambda^{-2}$
Коефіцієнт варіації	$V[t] = 1$

Експоненційний розподіл є однопараметричною функцією з параметром λ (лямбда) – інтенсивність відмов.

Розглянемо **систему з послідовним з'єднанням** (у змісті надійності) елементів, відмови яких є незалежними подіями. Структурна схема послідовної системи представлена на рис.1.

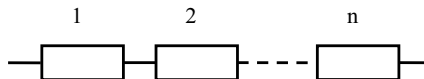


Рис. 1. Структурна схема надійності не надлишкової послідовної системи

У послідовній (**ненадлишковій**) системі **поява першої відмови** приводить до відмови системи. Імовірність безвідмовної роботи такої системи визначається на підставі **теорему множення імовірностей** за формулою:

$$R_c(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t), \quad (1)$$

де $R_c(t)$ - імовірність безвідмовної роботи системи за час $(0, t)$;

$R_i(t)$ - імовірність безвідмовної роботи i -го елемента за час $(0, t)$.

Якщо прийняти гіпотезу про те, що **закон розподілу часу безвідмовної роботи** кожного елемента є **експоненційним**, тоді (1) можна записати в наступному вигляді

$$R_c(t) = \exp(-\lambda_c t), \quad (2)$$

де $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_{0i}$; λ_{0i} - інтенсивність відмов i -го елемента.

Коли система містить у собі декілька типів елементів, то формула для інтенсивності відмов набуває вигляду

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N n_i \lambda_{0i}, \quad (3)$$

де N - кількість типів елементів;

n_i - кількість елементів a -го типу;

λ_{0i} - інтенсивність відмов елементів i -го типу.

Інтенсивність відмов елемента зв'язана із середнім наробітком до відмови елемента простою залежністю $\lambda_{0i} = \frac{1}{T_{0i}}$,

де T_{0i} - середній наробіток до відмови i -го елемента.

Середній наробіток до відмови системи визначається у такому вигляді:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c}. \quad (4)$$

Метод розрахунку, або **лямбда-метод (λ-метод)**, є найпростішим і найпоширенішим з існуючих методів розрахунку надійності систем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЛЯМБДА-МЕТОДОМ

ВСТУП

Одним із способів підвищення надійності системи є введення надмірності. Залежно від конструктивного виконання та структури системи надмірність можна вводити на рівні елементів, блоків, функціональних вузлів, підсистем і системи в цілому. Питання розрахунку надійності систем із загальним (на рівні системи) і поблочним резервуванням досить добре вивчені в [1, 2]. Однак такі способи резервування систем у чистому вигляді рідко використовуються на практиці, а найбільше поширення мають способи змішаного резервування. Аналізу ефективності таких способів резервування невідновлюваних систем і присвячена дана робота.

1. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ НЕВІДНОВЛЮВАНИХ СИСТЕМ

Лямбда-метод використовується для розрахунку надійності складних систем. Цей метод дозволяє робити розрахунок надійності об'єктів, що мають наступні структурні схеми надійності (ССН), які представляють собою послідовне, паралельне й усіляке сполучення послідовного та паралельного з'єднань складових частин:

ССН-1 - об'єкт складається з послідовно з'єднаних елементів N типів по n_1, n_2, \dots, n_i елементів кожного типу й відмова об'єкта настає в результаті відмови одного кожного із усіх типів елементів;

ССН-2 - об'єкт складається з паралельно з'єднаних однотипних елементів і відмова об'єкта настає в результаті відмови всіх елементів;

ССН-3 - об'єкт складається з n паралельно з'єднаних однотипних елементів, при цьому мінімальне число працездатних елементів ставить k (структура типу « k з n »), і відмова об'єкта настає при відмові $(n-k+1)$ елементів;

ССН-4 - об'єкт містить один або кілька r резервних елементів, що перебувають у ненавантаженому режимі до початку виконання ними функцій основного елемента.

У табл. 4.1 наведено вирази оцінок математичного очікування часу до відмови системи для типових схем з'єднання елементів. Пропонований метод дозволяє неодноразово використовувати прийом декомпозиції досліджуваної системи й тим самим здійснювати розрахунок усіх необхідних для інженерної практики показників безвідмовності будь-якої складної системи.

Тип структури	Математичне очікування, T_c
ССН-1	$\left(\sum_{i=1}^N n_i T_{0i}^{-1} \right)^{-1}$
ССН-2	$T_0 \sum_{i=0}^{n-1} (1+i)^{-1}$
ССН-3	$T_0 \sum_{i=0}^{n-k} (k+i)^{-1}$
ССН-4	$T_0 (r+1)$

Примітки: При розрахунку табличних значень параметрів прийнято, що всі елементи рівнонадійні за винятком елементів ССН-1.

Розглянемо надлишкову систему зі змішаним резервуванням, структурна схема надійності якої наведена на рис. 4.1. Параметри надійності елемента системи такі: $T_{0i}=1000$ год. ($\lambda_{0i}=0,001$ 1/год).

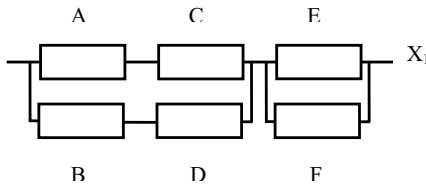


Рис. 4.1. Структурна схема надійності надлишкової системи з вузловим і поелементним резервуванням

Обчислимо інтенсивність відмов функціонального вузла, що складається з послідовного з'єднання 2 блоків:

$$\lambda_{AC} = \lambda_{BD} = \lambda_{\phi V} = \sum_{i=1}^2 \lambda_{0i} = 0,002 \text{ 1/год.}$$

Обчислимо середній наробіток до відмови функціонального вузла:

$$T_{\phi V} = \frac{1}{\lambda_{\phi V}} = 500 \text{ год.}$$

Обчислимо середній наробіток до відмови дубльованого функціонального вузла системи:

$$T_{д\phi V} = T_{\phi V} \sum_{i=0}^{n-1} (1+i)^{-1} = 1,5T_{\phi V} = 750 \text{ год.}$$

Обчислимо інтенсивність відмов дубльованого функціонального вузла системи:

$$\lambda_{д\phi V} = \frac{1}{T_{д\phi V}} = 0,00133 \text{ 1/год.}$$

Обчислимо середній наробіток до відмови дубльованого блоку системи:

$$T_{EF} = T_{ДБ} = T_{0i} \sum_{i=0}^{n-1} (1+i)^{-1} = 1,5T_{0i} = 1500 \text{ год.}$$

Обчислимо інтенсивність відмов дубльованого блоку системи:

$$\lambda_{ДБ} = \frac{1}{T_{ДБ}} = 0,00066 \text{ 1/год.}$$

Обчислимо інтенсивність відмов системи:

$$\lambda(X_1) = \sum_{i=1}^2 \lambda_i = \lambda_{ДФУ} + \lambda_{ДБ} = 0,00133 + 0,00066 = 0,00199 \text{ 1/год.}$$

Обчислимо середній наробіток до відмови системи:

$$T(X_1) = \frac{1}{\lambda(X_1)} = 502,5 \text{ год.}$$

Обчислимо $R(X_1)$ для $t_u = 110$ год.

Для $x = \frac{t_u}{T(X_1)} = 0,22$ за таблицею експоненційного розподілу (Додаток Б)

знаходимо $Q_{X_1}(t_u) = 0,19748$, звідки $R_{X_1}(t_u) = 1 - Q_{X_1}(t_u) = 0,80252$.

2. ЗАВДАННЯ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ

У лабораторній роботі досліджується надійність систем зі змішаним резервуванням лямбда-методом із використанням експоненційного розподілу наробітку до відмови.

Для кожної із систем (структурні схеми надійності наведені на рис. 4.2 - 4.6) обчислити:

- імовірність безвідмовної роботи системи $R(X)$ на момент сумарного наробітку t_n ;
- середній наробіток до відмови системи $T(X)$;
- гама-відсотковий наробіток до відмови системи $T_\gamma(X)$.

Дані для індивідуальних завдань наведені в табл. 4.2.

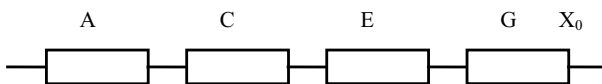


Рис. 4.2. Структурна схема надійності ненадлишкової системи

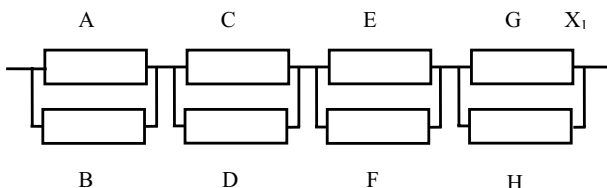


Рис. 4.3. Структурна схема надійності надлишкової системи з поелементним резервуванням

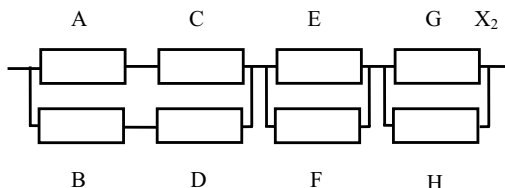


Рис. 4.4. Структурна схема надійності надлишкової системи з вузловим і поелементним резервуванням

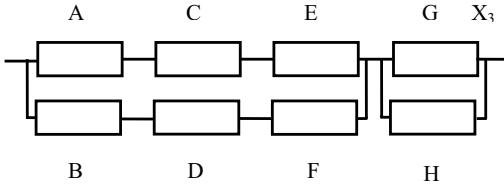


Рис. 4.5. Структурна схема надійності надлишкової системи з вузловим і поелементним резервуванням

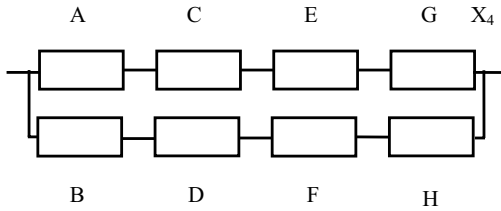


Рис. 4.6. Структурна схема надійності надлишкової системи з системним резервуванням

Вихідні дані для індивідуальних завдань

Таблиця 4.2

№ варіанта	Середній наробіток до відмови елемента T_0 , год.	Рівень γ	Наробіток t_n , год.
1	2	3	4
1	1000	0,8	100
2	1500	0,85	150
3	2000	0,9	200
4	2500	0,95	250
5	3000	0,97	300
6	3500	0,99	350
7	4000	0,8	400
8	4500	0,85	450
9	5000	0,9	500
10	5500	0,95	100
11	6000	0,97	150
12	6500	0,99	200
13	7000	0,8	250
14	7500	0,85	300

1	2	3	4
15	8000	0,9	350
16	8500	0,95	400
17	9000	0,97	450
18	9500	0,99	500
19	10000	0,8	100
20	10500	0,85	150
21	11000	0,9	200
22	11500	0,95	250
23	12000	0,97	300
24	12500	0,99	350
25	13000	0,8	400

Засобами Microsoft Excel побудувати графіки $R(X)$ та $T(X)$ залежно від способу змішаного резервування і зробити виводи про найбільш ефективний спосіб введення надмірності в невідновлювані системи.

Робота виконується з урахуванням вимог до текстових документів НДР на сторінках формату А4.

На останньому аркуші пояснювальної записки приводиться перелік використаної літератури для виконання роботи.

Титульний аркуш оформляється відповідно до форми 1 (Додаток А).

Контрольні запитання

- 1) Які закони розподілу часу безвідмовної роботи елементів відомі?
- 2) Які кількісні характеристики застосовують у якості показників безвідмовності невідновлюваних елементів?
- 3) Перерахуйте основні характеристики експоненційного розподілу.
- 4) В яких випадках застосовується лямбда-метод?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ЛЯМБДА-МЕТОДОМ

ВСТУП

Апріорний аналіз надійності пристроїв базується на **апріорних характеристиках надійності елементів і складових частин**, які лише приблизно відражають дійсні процеси, що протікають у виробі. Тем не менш, для порівняння показників надійності декількох варіантів схем пристроїв використання апріорного аналізу може бути дуже корисним. Цей аналіз дозволяє виявляти на стадії проектування слабкі, з крапки зору надійності, місця у конструкції та прийняти необхідні заходи до їх усунення. Апріорний аналіз надійності не претендує на видачу дуже вірогідних кількісних характеристик надійності пристроїв, але має велике значення у практиці проектування і тому складає вагомий частину усіх технічних проектів.

1. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

У табл. 5.1 наведено формули розрахунку показників надійності для ненадлишкового пристрою з послідовною структурою елементів.

Розрахункові оцінки надійності пристрою

Таблиця 5.1

Назва показника надійності	Формула для розрахунку
Інтенсивність відмов	$\lambda_{\Pi} = \sum_{i=1}^N n_i \lambda_{0i}$
Імовірність безвідмовної роботи	$R_{\Pi}(t) = \exp(-\lambda_{\Pi} t)$
Середній наробіток до відмови (на відмову)	$T_{\Pi} = \frac{1}{\lambda_{\Pi}}$
Гама-відсотковий наробіток до відмови (на відмову)	$T_{\gamma\Pi} = -T_{\Pi} \ln \gamma$

Розглянемо електронний пристрій, параметри надійності елементів якого наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

№ з/п	Тип елемента	Кількість, n_i	Інтенсивність відмов, λ_{0i} , 10^{-5} 1/год.
1	Резистори	10	0,1
2	Конденсатори	20	0,5
3	Мікросхеми	5	2,6
4	З'єднувачі	3	4,0
5	Пайки	100	0,003

Обчислимо інтенсивність відмов пристрою:

$$\lambda_{\Pi} = \sum_{i=1}^N n_i \lambda_{0i} = (10 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,5 + 5 \cdot 2,6 + 3 \cdot 4,0 + 100 \cdot 0,003) 10^{-5} = 36,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год.}$$

Обчислимо середній наробіток до відмови пристрою:

$$T_{\Pi} = \frac{1}{\lambda_{\Pi}} = 2800 \text{ год.}$$

Обчислимо імовірність безвідмовної роботи пристрою $R_{\Pi}(t_n)$ для $t_n = 100$ год.

Для $x = \frac{t_n}{T_{\Pi}} = 0,04$ за таблицею експоненційного розподілу (Додаток Б)

знаходимо $Q_{\Pi}(t_n) = 0,039$, звідки $R_{\Pi}(t_n) = 1 - Q_{\Pi}(t_n) = 0,961$.

Обчислимо гама-відсотковий наробіток до відмови пристрою ($\gamma = 0,9$):

$$T_{\gamma\Pi} = -T_{\Pi} \ln \gamma = -2800 \cdot \ln 0,9 = 294 \text{ год.}$$

2. ЗАВДАННЯ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ

У лабораторній роботі досліджується надійність електронних пристроїв лямбда-методом із використанням експоненційного розподілу наробітку до відмови.

Для кожного варіанта пристрою обчислити:

- інтенсивність відмов λ_{Π} ;
- середній наробіток до відмови T_{Π} ;
- імовірність безвідмовної роботи $R_{\Pi}(t_n)$ на момент сумарного

наробітку t_n ;

- гама-відсотковий наробіток до відмови $T_{\gamma\Pi}$.

Дані для індивідуальних завдань наведені в табл. 5.3 - 5.4.

Вихідні дані для індивідуальних завдань

Таблиця 5.3

№ варіанта	Рівень γ	Наробіток t_n , год.
1	0,8	100
2	0,85	150
3	0,9	200
4	0,95	250
5	0,97	300
6	0,99	350
7	0,8	400
8	0,85	450
9	0,9	500
10	0,95	100
11	0,97	150
12	0,99	200
13	0,8	250
14	0,85	300
15	0,9	350
16	0,95	400
17	0,97	450
18	0,99	500
19	0,8	100
20	0,85	150
21	0,9	200
22	0,95	250
23	0,97	300
24	0,99	350
25	0,8	400

Вихідні дані для індивідуальних завдань

Таблиця 5.4

№ з/п	Найменування елементів	Інтенсивність відмов λ_{0i} , 10^{-5} 1/год.	Кількість елементів, n_i для варіанта											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Системна плата	5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Процесор	0,5	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1
3	Пам'ять	0,1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	1
4	Відеокарта	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	НЖМД	1,0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1
6	НГМД	5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	CD – ROM	4,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Клавіатура	5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Маніпулятор-миша	6,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Джерело живлення	7,0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1
11	З'єднувач	0,3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
12	Вентилятор	2,0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2
13	Вимикач	1,0	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	3
14	Пайки	0,003	30	40	50	60	70	80	90	20	30	40	50	50

Продовження табл. 5.4

№ з/п	Найменування елементів	Інтенсивність відмов λ_{0i} , 10^{-5} 1/год.	Кількість елементів, n_i для варіанта										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Системна плата	5,0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
2	Процесор	0,5	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
3	Пам'ять	0,1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
4	Відеокарта	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	НЖМД	1,0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
6	НГМД	5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	CD – ROM	4,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Клавіатура	5,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Маніпулятор-миша	6,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Джерело живлення	7,0	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
11	З'єднувач	0,3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	Вентилятор	2,0	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	Вимикач	1,0	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
14	Пайки	0,003	20	30	40	50	60	70	80	90	30	40	50

Засобами Microsoft Excel побудувати графіки $R_{II}(t_n)$ і $Q_{II}(t_n)$ залежно від сумарного наробітку t_n .

Робота виконується з урахуванням вимог до текстових документів НДР на сторінках формату А4.

На останньому аркуші пояснювальної записки приводиться перелік використаної літератури для виконання роботи.

Титульний аркуш оформляється відповідно до форми 1 (Додаток А).

Контрольні запитання

- 1) У чому полягає принципова відмінність апіорного і апостеріорного розрахунку надійності технічної системи?
- 2) Перелічіть основні види резервування. Дайте їхнє визначення.
- 3) Які основні види структурного резервування?
- 4) Проаналізуйте особливості пасивного й активного резервування.
- 5) Чим відрізняється ненавантажений резерв від постійного?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. П. Стрельников, А. В. Федухин Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. - К.: Логос, 2002. - 486 с.
2. В. Н. Азарсков, В. П. Стрельников Надежность систем управления и автоматики. Учеб. пособие. - К.: НАУ, 2004. - 164 с.
3. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. - Введ. 01.01.97. - К.: Вид-У стандартів, 1996. - 42 с.
4. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни й визначення. - Введ. 01.01.96. - К.: Вид-У стандартів, 1994. - 92 с.

Додаток А
Форма 1

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВаних
ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУ

НАЗВА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторна робота з дисципліни «НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ»

ВИКОНАВ

Студент групи
шифр

ПЕРЕВІРИВ

Викладач (доцент, професор)

рік

Додаток Б
Таблиці функції експоненційного розподілу
 $Q(x) = 1 - \exp(-x)$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00000	0.00995	0.01980	0.02955	0.03921	0.04877	0.05824	0.06761	0.07688	0.08607
0.1	0.09516	0.10417	0.11308	0.12190	0.13064	0.13929	0.14786	0.15634	0.16473	0.17304
0.2	0.18127	0.18942	0.19748	0.20547	0.21337	0.22120	0.22895	0.23662	0.24422	0.25174
0.3	0.25918	0.26655	0.27385	0.28108	0.28823	0.29531	0.30232	0.30927	0.31614	0.32294
0.4	0.32968	0.33635	0.34295	0.34949	0.35596	0.36237	0.36872	0.37500	0.38122	0.38737
0.5	0.39347	0.39950	0.40548	0.41140	0.41725	0.42305	0.42879	0.43447	0.44010	0.44567
0.6	0.45119	0.45665	0.46206	0.46741	0.47271	0.47795	0.48315	0.48829	0.49338	0.49842
0.7	0.50341	0.50836	0.51325	0.51809	0.52289	0.52763	0.53233	0.53699	0.54159	0.54616
0.8	0.55067	0.55514	0.55957	0.56395	0.56829	0.57259	0.57684	0.58105	0.58522	0.58934
0.9	0.59343	0.59748	0.60148	0.60545	0.60937	0.61326	0.61711	0.62092	0.62469	0.62842
1.0	0.63212	0.63578	0.63941	0.64299	0.64655	0.65006	0.65354	0.65699	0.66040	0.66378
1.1	0.66713	0.67044	0.67372	0.67697	0.68018	0.68336	0.68651	0.68963	0.69272	0.69578
1.2	0.69881	0.70180	0.70477	0.70771	0.71062	0.71350	0.71635	0.71917	0.72196	0.72473
1.3	0.72747	0.73018	0.73286	0.73552	0.73815	0.74076	0.74334	0.74589	0.74842	0.75092
1.4	0.75340	0.75586	0.75829	0.76069	0.76307	0.76543	0.76776	0.77007	0.77236	0.77463
1.5	0.77687	0.77909	0.78129	0.78346	0.78562	0.78775	0.78986	0.79195	0.79402	0.79607
1.6	0.79810	0.80011	0.80210	0.80407	0.80602	0.80795	0.80986	0.81175	0.81363	0.81548
1.7	0.81732	0.81913	0.82093	0.82272	0.82448	0.82623	0.82796	0.82967	0.83136	0.83304
1.8	0.83470	0.83635	0.83797	0.83959	0.84118	0.84276	0.84433	0.84588	0.84741	0.84893
1.9	0.85043	0.85192	0.85339	0.85485	0.85630	0.85773	0.85914	0.86054	0.86193	0.86330
2.0	0.86466	0.86601	0.86734	0.86866	0.86997	0.87127	0.87255	0.87381	0.87507	0.87631
2.1	0.87754	0.87876	0.87997	0.88116	0.88235	0.88352	0.88467	0.88582	0.88696	0.88808
2.2	0.88920	0.89030	0.89139	0.89247	0.89354	0.89460	0.89565	0.89669	0.89772	0.89873
2.3	0.89974	0.90074	0.90173	0.90270	0.90367	0.90463	0.90558	0.90652	0.90745	0.90837
2.4	0.90928	0.91018	0.91108	0.91196	0.91284	0.91371	0.91457	0.91542	0.91626	0.91709
2.5	0.91791	0.91873	0.91954	0.92034	0.92113	0.92192	0.92270	0.92346	0.92423	0.92498

Продовження табл.

<i>x</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.6	0.92573	0.92647	0.92720	0.92792	0.92864	0.92935	0.93005	0.93075	0.93144	0.93212
2.7	0.93279	0.93346	0.93413	0.93478	0.93543	0.93607	0.93671	0.93734	0.93796	0.93858
2.8	0.93919	0.93979	0.94039	0.94099	0.94157	0.94216	0.94273	0.94330	0.94387	0.94442
2.9	0.94498	0.94552	0.94607	0.94660	0.94713	0.94766	0.94818	0.94870	0.94921	0.94971
3.0	0.95021	0.95071	0.95120	0.95168	0.95217	0.95264	0.95311	0.95358	0.95404	0.95450
3.1	0.95495	0.95540	0.95584	0.95628	0.95672	0.95715	0.95757	0.95800	0.95841	0.95883
3.2	0.95924	0.95964	0.96004	0.96044	0.96084	0.96123	0.96161	0.96199	0.96237	0.96275
3.3	0.96312	0.96348	0.96385	0.96421	0.96456	0.96492	0.96526	0.96561	0.96595	0.96629
3.4	0.96663	0.96696	0.96729	0.96761	0.96794	0.96825	0.96857	0.96888	0.96919	0.96950
3.5	0.96980	0.97010	0.97040	0.97070	0.97099	0.97128	0.97156	0.97184	0.97212	0.97240
3.6	0.97268	0.97295	0.97322	0.97348	0.97375	0.97401	0.97427	0.97452	0.97478	0.97503
3.7	0.97528	0.97552	0.97577	0.97601	0.97625	0.97648	0.97672	0.97695	0.97718	0.97740
3.8	0.97763	0.97785	0.97807	0.97829	0.97851	0.97872	0.97893	0.97914	0.97935	0.97955
3.9	0.97976	0.97996	0.98016	0.98036	0.98055	0.98075	0.98094	0.98113	0.98131	0.98150
4.0	0.98168	0.98187	0.98205	0.98223	0.98240	0.98258	0.98275	0.98292	0.98309	0.98326
4.1	0.98343	0.98359	0.98376	0.98392	0.98408	0.98424	0.98439	0.98455	0.98470	0.98485
4.2	0.98500	0.98515	0.98530	0.98545	0.98559	0.98574	0.98588	0.98602	0.98616	0.98630
4.3	0.98643	0.98657	0.98670	0.98683	0.98696	0.98709	0.98722	0.98735	0.98747	0.98760
4.4	0.98772	0.98784	0.98797	0.98809	0.98820	0.98832	0.98844	0.98855	0.98867	0.98878
4.5	0.98889	0.98900	0.98911	0.98922	0.98933	0.98943	0.98954	0.98964	0.98975	0.98985
4.6	0.98995	0.99005	0.99015	0.99025	0.99034	0.99044	0.99053	0.99063	0.99072	0.99081
4.7	0.99090	0.99100	0.99108	0.99117	0.99126	0.99135	0.99143	0.99152	0.99160	0.99169
4.8	0.99177	0.99185	0.99193	0.99201	0.99209	0.99217	0.99225	0.99233	0.99240	0.99248
4.9	0.99255	0.99263	0.99270	0.99277	0.99285	0.99292	0.99299	0.99306	0.99313	0.99319
5.0	0.99326	0.99333	0.99340	0.99346	0.99353	0.99359	0.99365	0.99372	0.99378	0.99384
5.1	0.99390	0.99396	0.99402	0.99408	0.99414	0.99420	0.99426	0.99432	0.99437	0.99443
5.2	0.99448	0.99454	0.99459	0.99465	0.99470	0.99475	0.99480	0.99486	0.99491	0.99496
5.3	0.99501	0.99506	0.99511	0.99516	0.99520	0.99525	0.99530	0.99535	0.99539	0.99544
5.4	0.99548	0.99553	0.99557	0.99562	0.99566	0.99570	0.99575	0.99579	0.99583	0.99587
5.5	0.99591	0.99595	0.99599	0.99603	0.99607	0.99611	0.99615	0.99619	0.99623	0.99626

Навчальне видання
Олександр Вікторович Федухін
Владлен Андрійович Гладков

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи № 4
«Дослідження надійності систем лямбда-методом»
Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи № 5
«Дослідження надійності електронних пристроїв лямбда-методом»

для студентів III курсу спеціалізації «Комп'ютерні інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» денної форми навчання

Відповідальний за випуск В. А. Гладков
Головний редактор О. В. Ємець
Макет і верстка В.О. Андрієнка

Підписано до друку 22.12.09. Формат 60×84/16, папір офсетний.
Друк на ризографі. Замовлення № 383-09, наклад 50.
Надруковано в редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ,
03049, м. Київ-49, вул. Миколи. Лукашевича, 19

