

УДК 681.3

## **ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА ТИПУ “ІВМ РС”**

Д. Трушаков, О. Бірзул

*Кіровоградський національний технічний університет,  
пр. Університетський, 8, 25006, Кіровоград, Україна  
[Dmitriy-kntu@yandex.ru](mailto:Dmitriy-kntu@yandex.ru)*

Досліджено надійність персонального комп'ютера типу ІВМ РС з урахуванням послідовного та паралельного з'єднання його складових частин. Структуру персонального комп'ютера описано у вигляді окремих модулів. Дослідження надійності ПК виконано за допомогою лямбда-методу та ймовірісно-класичного методу.

*Ключові слова:* персональний комп'ютер, структура персонального комп'ютера, надійність.

Електронні обчислювальні машини (ЕОМ) або персональні комп'ютери (ПК) широко використовують у різних галузях промисловості та господарства. ЕОМ одного типу, проте різних конфігурацій можна застосовувати на різних ступенях управління виробництвом, що спрощує створення елементної бази, програмного забезпечення, носіїв інформації тощо. У цьому разі особливу увагу сьогодні приділяють надійності персональних комп'ютерів.

Ця проблема частково висвітлена в працях [1–3]. У праці [1] описано дослідження надійності інформаційної частини ПК, у [2, 3] досліджено апаратну частину ПК, однак не враховано послідовного та паралельного з'єднання його складових частин.

Наша мета – визначення надійності персонального комп'ютера типу ІВМ РС з урахуванням послідовного та паралельного з'єднання його складових частин. У ході розрахунку надійності враховано всі основні складові частини ПК.

Будь-які мікропроцесорні системи, включаючи ПК, мають складну комбіновану структуру.

Алгоритми відновлення працездатного стану ПК можуть бути реалізовані апаратно з програмою підтримки або винятково програмними засобами. У першому випадку відновлення є апаратно кероване, у другому – програмно кероване.

Залежно від характеру відмови алгоритму відновлення обчислювальної системи виконується її повне відновлення з поверненням до вихідних умов роботи і з заміною несправного модуля на запасний, або повернення у справний стан за зниження обчислювальних можливостей, або (як окремий випадок) безпечна зупинка, якщо продуктивність, що залишилася, є нижчою від допустимого порога (інформація у пам'яті в цьому разі залишається без ушкоджень).

Для порівняльної оцінки можливостей функціонування ПК розглянемо деякий конкретний випадок. Типова материнська (системна) плата ПК має вигляд, зображений на рис. 1.

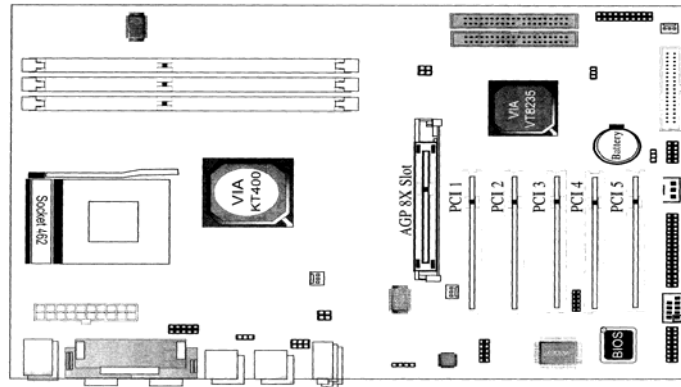


Рис. 1. Типова материнська (системна) плата.

Спрощена типова структурна схема ПК у вигляді всіх його основних складових частин з урахуванням їхнього послідовного та паралельного з'єднання зображена на рис. 2.

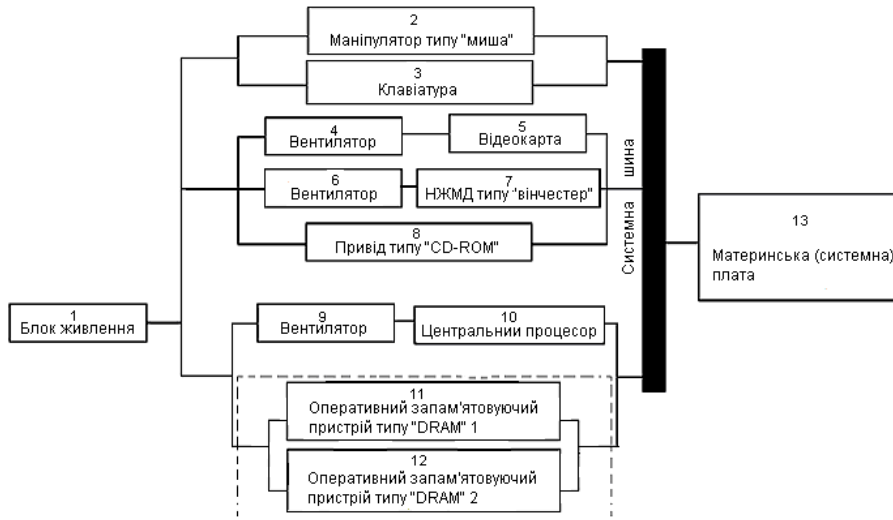


Рис. 2. Спрощена типова структурна схема ПК.

Показники надійності елементів ПК [4] наведені в табл. 1.

**Розрахунок надійності ПК за допомогою лямбда-методу (експоненціального розподілу).**

У ході розрахунку надійності спрощеної типової структурної схеми ПК за допомогою цього методу прийнято такі припущення:

- відмови елементів (модулів) незалежні;
- відмова будь-якого модуля призводить до відмови ПК;

Таблиця 1

Показники надійності елементів ПК [4]

Номер елемента	Елемент (модуль)	Кількість, $m_j$ , штук	Інтенсивність відмов, $\lambda_j \cdot 10^{-5}$ , 1/год	Середній наробіток, $T_j \cdot 10^5$ , год
1	Системна плата	1	5,0	0,2
2	Центральний процесор	1	0,1	6,6
3	ОЗП типу "DRAM"	2	0,5	2,0
4	Відеокарта	1	2,6	0,375
5	НЖМД	1	1,0	1,0
6	CD-ROM	1	5,0	0,2
7	Клавіатура	1	5,0	0,2
8	Маніпулятор "миша"	1	5,0	0,2
9	Блок живлення	1	2,6	0,375
10	Вентилятор	3	0,76	1,3

– вихідними даними для розрахунку показників безвідмовності ПК є інтенсивності відмов  $\lambda_j$  модулів;

– коефіцієнт варіації напрацювання до відмови модулів  $v = 1$ ;

– закон розподілу напрацювання до відмови ПК описують експоненціальним розподілом вигляду

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – загальна інтенсивність відмов усіх модулів ПК,

$$\lambda = \sum_{j=1}^n m_j \lambda_j, \quad (2)$$

де  $m_j$  – кількість однотипних модулів ПК;  $\lambda_j$  – інтенсивність відмов модуля  $j$ -го типу.

Середнє напрацювання до відмови ПК визначене виразом

$$T_{\text{ср}}^e = 1/\lambda \quad (3)$$

Розрахунок надійності за цим методом, використовуючи характеристики модулів ПК, що наведені в табл. 1, виконуємо у такій послідовності [4]:

– визначаємо середній наробіток до відмови ПК:

$$T_{\text{ср}}^e = \left( \sum_{j=1}^n m_j \lambda_j \right)^{-1} = (29,6 \cdot 10^{-5})^{-1} = 3\,381 \text{ година} \quad (4)$$

– знаходимо гамма-відсотковий наробіток ПК ( $\gamma = 0,9$ ):

$$T_{\gamma}^e = -T_{\text{ср}}^e \cdot \ln \gamma = 3\,381 \cdot 0,1054 = 356 \text{ годин} \quad (5)$$

– розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи ПК протягом заданого наробітку  $t = 1\,500$  годин:

$$P^e(t) = e^{-\lambda \cdot t} = 0,64 \quad (6)$$

Розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи спрощеної типової структурної схеми ПК (рис. 2) з урахуванням послідовного та паралельного з'єднання елементів (модулів) враховуючи, що:

– ймовірність безвідмовної роботи двох послідовно з'єднаних елементів

$$P = P_1 \cdot P_2; \quad (7)$$

– ймовірність безвідмовної роботи двох паралельно з'єднаних елементів

$$P = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2); \quad (8)$$

– елементи 4 і 5, 6 і 7, 9 і 10, утворюють послідовне з'єднання; замінюємо їх квазіелементами В, С, D, відповідно;

– елементи 2 і 3, 11 і 12, утворюють паралельне з'єднання; замінюємо їх квазіелементами А, Е, відповідно;

– елементи В, С, 8 утворюють паралельне з'єднання; замінюємо їх квазіелементом F;

– елементи D і Е утворюють паралельне з'єднання; замінюємо їх квазіелементом G;

– елементи А, F і G утворюють паралельне з'єднання; замінюємо їх квазіелементом H;

– елементи 1, H і 13 утворюють послідовне з'єднання; отримуємо загальне рівняння для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи структурної схеми ПК

$$P_\gamma = P_1 \cdot P_H \cdot P_{13}; \quad (9)$$

– знаходимо елемент з найменшою ймовірністю безвідмовної роботи серед  $P_1$ ,  $P_H$  та  $P_{13}$  (елемент 13);

– визначаємо бажану ймовірність безвідмовної роботи елемента 13

$$P'_{13} = \frac{P_\gamma}{P_1 \cdot P_H} = \frac{0,9}{0,9189 \cdot 0,9998} = \frac{0,9}{0,9188} = 0,9795 \quad (10)$$

– знаходимо значення інтенсивності відмов елемента 13

$$\lambda'_{13} = -\frac{\ln(P'_{13})}{T} = -\frac{\ln(0,9795)}{0,041} = \frac{0,0207}{0,041} \approx 0,51 \quad (11)$$

– отримуємо значення ймовірності безвідмовної роботи системи з підвищеним наробітком та зменшеною інтенсивністю відмов:

$$P' = P_1 \cdot P_H \cdot P'_{13}. \quad (12)$$

Графіки ймовірностей безвідмовної роботи ПК зображено на рис. 3.

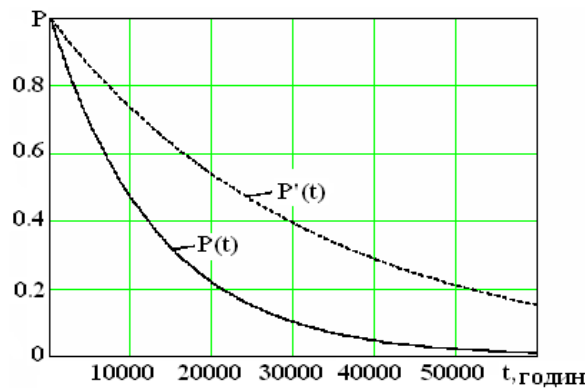


Рис. 3. Ймовірності безвідмовної роботи ПК:

$P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи ПК за початкових даних;  $P'(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи ПК унаслідок зменшення інтенсивності відмов.

Результати розрахунків показників надійності ПК за допомогою лямбда-методу наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок показників надійності ПК за допомогою лямбда-методу

Елементи	$\lambda \times 10^{-5}$ , 1/годину	Наробіток $\times 10^5$ , годин					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1,5	2,6	0,7711	0,5945	0,4584	0,3535	0,2725	0,2101
2,3,8,13	5,0	0,6065	0,3679	0,2231	0,1353	0,0821	0,0498
4,6,9	0,76	0,9268	0,8590	0,7961	0,7379	0,6839	0,6338
7	1,0	0,9048	0,8187	0,7408	0,6703	0,6065	0,5488
10	0,1	0,9900	0,9802	0,9704	0,9608	0,9512	0,9418
11,12	0,5	0,9512	0,9048	0,8607	0,8187	0,7788	0,7408
A	-	0,8452	0,6004	0,3965	0,2524	0,1574	0,0971
B	-	0,7146	0,5107	0,3649	0,2608	0,1864	0,1332
C	-	0,8386	0,7033	0,5898	0,4946	0,4148	0,3478
D	-	0,9176	0,8420	0,7726	0,7089	0,6505	0,5969
E	-	0,9976	0,9909	0,9806	0,9671	0,9511	0,9328
F	-	0,9819	0,9082	0,7976	0,6770	0,5629	0,4628
G	-	0,9998	0,9986	0,9956	0,9904	0,9829	0,9729
H	-	0,9999	0,9998	0,9995	0,9977	0,9937	0,9869
P	-	0,4677	0,2187	0,1022	0,0477	0,0222	0,0103
13'	0,51	0,9612	0,9048	0,8607	0,8187	0,7788	0,7408
P'	-	0,7334	0,5379	0,3943	0,2887	0,2109	0,1536

#### Розрахунок надійності ПК за допомогою ймовірнісно-фізичного методу (дифузійного розподілу).

У цьому методі розрахунку приймають такі припущення:

- відмови елементів (модулів) незалежні;
- відмова будь-якого елемента призводить до відмови ПК;
- вихідними даними для розрахунку показників безвідмовності ПК є середні наробітки до відмови елементів;
- коефіцієнт варіації наробітку до відмови елементів  $v = 1$ ;
- закон розподілу наробітку до відмови ПК описують DN-розподілом вигляду

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sqrt{\mu t}}\right) + e^{-2} \Phi\left(-\frac{t+\mu}{\sqrt{\mu t}}\right), \quad (13)$$

де  $\mu = \left(\sum_{j=1}^n m_j T_j^{-2}\right)^{-1/2}$  – параметр масштабу розподілення наробітку ПК, який дорівнює

значенню середнього наробітку до відмови;  $T_j$  – середній наробіток до відмови елемента  $j$ -го типу ( $j = 1, 2, \dots, n$ );  $m_j$  – кількість модулів  $j$ -го типу.

Розрахунок надійності за цим методом, використовуючи характеристики модулів ПК, що наведені у табл. 1, виконуємо у такій послідовності [4]:

- визначаємо середній наробіток до відмови ПК:

$$T_{\text{ср}}^D = \mu = \left( \sum_{j=1}^n m_j T_j^{-2} \right)^{-1/2} = 9\,225 \text{ годин} \quad (14)$$

– знаходимо гамма-відсотковий наробіток ( $\gamma = 0,9$ ):

$$\Phi\left(\frac{T_\gamma - \mu}{\sqrt{\mu T_\gamma}}\right) + e^2 \Phi\left(-\frac{T_\gamma + \mu}{\sqrt{\mu T_\gamma}}\right) = 1 - \gamma \quad (15)$$

або, використовуючи таблицю функції DN-розподілу [4], визначаємо  $x(1 - \gamma; \nu)$  за значенням ймовірності  $F(x) = 1 - \gamma = 0,9$  та за значенням коефіцієнта варіації  $\nu = 1$

$$T_\gamma^D = \mu \cdot x(1 - \gamma; 1) = 9\,225 \cdot 0,238 = 2\,196 \text{ годин} \quad (16)$$

– розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи протягом наробітку  $t = 1\,500$  годин:

$$P^D(t) = \Phi\left(\frac{T_\gamma - x}{\sqrt{x}}\right) + e^2 \Phi\left(-\frac{T_\gamma + x}{\sqrt{x}}\right), \quad (17)$$

де  $x = t/T_{\text{ср}}^D = 1\,500/9\,225 \approx 0,16$ .

Використовуючи таблицю DN-розподілу, визначаємо за  $x$  значення ймовірності  $F(x) = 0,03$ .

Тобто ймовірність безвідмовної роботи

$$P^D(t) = 1 - F(x) = 0,97. \quad (18)$$

Результати розрахунку показників надійності ПК наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунок показників надійності ПК

Показник надійності	Лябда-метод	Імовірнісно-фізичний метод
$T_{\text{ср}}$ , годин	3381	9225
$T_\gamma$ , годин	356	2196
$P$	0,64	0,97

Отже, визначено надійність персонального комп'ютера типу IBM PC з урахуванням послідовного та паралельного з'єднання його складових частин за допомогою лябда-методу та ймовірнісно-фізичного методу. З'ясовано, що розрахунок надійності, виконаний за допомогою лябда-методу, має більш "жорстке" значення ймовірності безвідмовної роботи ПК. Практичні результати, отримані в роботі, можуть бути використані для розробки персональних комп'ютерів, на які покладають розв'язування задач різної складності і які потребують різного ступеня надійності.

1. Трушаков Д. В., Ніколаєва Л. А., Коренецька Н. Б., Мошина Д. Ю. Дослідження надійності інформаційної системи. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2010. – Вип. 23. – С. 274–280.
2. Трушаков Д. В., Кенавішвілі Д. А. Дослідження надійності персональної електронної обчислювальної машини. // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2011. – Вип. 24. – Ч. 1. – С. 67–72.

3. Трушаков Д. В., Мошна Д. Ю. Створення конфігурацій обчислювальних комплексів з підвищеною надійністю // Конструювання, експлуатація та виробництво сільсько-господарських машин. – 2011. – Вип. 41. – Ч. 2. – С. 174–181.
4. Азарсков В. Н., Стрельников В. П. Надёжность систем управления и автоматики. – Киев: НАУ, 2004. – 164 с.

## RELIABILITY STUDIES FOR THE PERSONAL COMPUTER OF “IBM PC” TYPE

**D. Trushakov, O. Birzul**

*Kirovohrad National Technical University,  
8 University St., 25006 Kirovohrad, Ukraine  
Dmitriy-kntu@yandex.ru*

In this work we describe the reliability of a personal computer of the “IBM PC” type, considering both the sequential and the parallel connections of its components. The structure of the personal computer is presented in terms of its separate modules. The studies of reliability of the personal computer are carried out using both the exponential and diffusion distributions.

*Key words:* personal computer, structure of the personal computer, reliability.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА ТИПА “IBM PC”

**Д. Трушаков, А. Бірзул**

*Кировоградский национальный технический университет,  
просп. Университетский, 8, 25006, Кировоград, Украина  
Dmitriy-kntu@yandex.ru*

Описаны исследования надежности персонального компьютера типа “IBM PC” с учетом последовательного и параллельного соединения его составных частей. Структура персонального компьютера представлена в виде отдельных модулей. Исследование надежности ПК выполнено с помощью лямбда- метода и вероятностно-классического метода.

*Ключевые слова:* персональный компьютер, структура персонального компьютера, надежность.

Стаття надійшла до редколегії 09.01.2012

Прийнята до друку 07.02.2012