

## МЕТОДИКА КОРЕГУВАННЯ КОМПЛЕКТІВ ЗАПАСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ

*У статті запропоновано методика розрахунку та корегування комплектів запасних елементів інформаційних систем шляхом оцінювання прогнозованого значення показників надійності на основі методу моделювання з використанням математичного апарату теорії відновлення.*

**Постановка проблеми.** Як правило, виконання завдань за призначеннями складними інформаційними системами оцінюють інтегральним показником, яким найчастіше є ефективність. З погляду здатності виконувати функції за призначенням цей показник описує відповідну систему і може інтегрувати в собі один або багато параметрів, що різнобічно характеризують властивості відповідного об'єкта. Одним з таких параметрів є показник технічної надійності інформаційної системи. Він визначає безпосередньо надійність об'єкта, заходи та технічні рішення щодо структури та принципів побудови і використання системи її забезпечення.

Однак відомо, що інформація про поточну надійність РЕА не настільки важлива, як прогнозоване її значення на певний період експлуатації.

Така прогнозована надійність, що виражається відповідними показниками для інформаційних систем у цілому, може бути визначена і для типових вузлів, що входять до її складу, надавши можливість тим самим застосувати її за певних умов і підходів до корегування кількості запасних елементів у складі існуючої системи забезпечення експлуатації, зокрема комплекту запасних елементів (КЗЕ).

**Огляд останніх досліджень та публікацій.** Аналіз відомих способів і методик прогнозування надійності вузлів РЕА на певний період експлуатації та оцінки КЗЕ для забезпечення тривалої їх експлуатації показали, що питання їх корегування вони не розглядають. Методи ж розрахунку КЗЕ мають низку істотних недоліків щодо розв'язання цієї задачі, основними з яких є використання неадекватних реальному процесу моделей [1, 2], які вносять певні методичні неточності в результати розрахунків. При цьому для встановлення її адекватності необхідна достатньо велика кількість статистичної інформації.

Однак у практиці експлуатації сучасних інформаційних систем кількість такої інформації, як правило, обмежена, особливо для високонадійних систем. Це призводить до труднощів використання існуючих методик визначення показників надійності і розрахунку запасів запасних елементів у складі КЗЕ. Тому для розв'язання вказаної задачі необхідна розробка методів, що забезпечували б проведення ґрунтовних розрахунків за умови обмеженої кількості статистичної інформації.

Запропонований підхід оснований на математичному моделюванні та використанні теорії відновлення [3, 4]. Він надає можливість своєчасного вжиття заходів як до розрахунку, так і поповнення комплексу запасних елементів, забезпечення проведення технічного обслуговування та ремонту елементів інформаційної системи.

На сьогоднішній день відсутня і дієва методика корегування запасних елементів у складі існуючої системи забезпечення експлуатації РЕА, розрахованої на початку життєвого циклу.

Таким чином, розробка такої методики розрахунку та корегування КЗЕ є актуальним завданням експлуатації, передбаченим державним стандартом із забезпечення надійності техніки під час її експлуатації [1].

**Метою статті** є викладення запропонованої методики корегування запасних елементів існуючої системи забезпечення експлуатації, зокрема КЗЕ, на основі методу моделювання з використанням математичного апарату теорії відновлення.

**Виклад основного матеріалу.** При заданих значеннях кількості типів елементів ( $N$ ), а також кількості кожного типу елементів у складі інформаційної системи, на підставі статистичних даних експлуатації РЕА за певний період експлуатації  $T_n$ , заданих у вигляді моментів часу відмов  $t_{ij}$ , вважаючи миттєвим час відновлення, необхідно визначити КЗЕ для кожного типу елементів  $n_{ij}$ , який протягом заданого періоду експлуатації  $T_e$  відповідав би необхідному показнику достатності  $P_{\text{доп}}$ , а значить і забезпечував би необхідну надійність інформаційної системи у ході її експлуатації.

Обчислення проводяться за відомими величинами, що задаються:

$t_{ij}$  – статистичні дані моментів відмов  $i$ -го елемента  $j$ -го типу;

$K_{ij}$  – кількість відмов  $i$ -го елемента  $j$ -го типу;

$T_e$  – величина узагальненого середнього часу відновлення елементів, яким можна вважати час поповнення КЗЕ, що характеризує систему забезпечення експлуатації РЕА, тобто враховує час ремонту на заводі виробника або ремонтному органі, час транспортування до місця ремонту та повернення, час знаходження в пункті збору групи елементів, що направляються на ремонт;

$T_n$  – величина часової надлишковості для системи – час, за який РЕА не використовується за призначенням;

$P_{\text{доп}}$  – ймовірність достатності запасів КЗЕ за кожним типом елементів РЕА;

$T_e$  – період експлуатації, на який корегується КЗЕ;

$n_{ij}$  – КЗЕ, що корегується;

$\beta$  – надійна ймовірність або відповідний коефіцієнт  $t_\beta$  з таблиці значень функції розподілу Лапласа.

Величинами, що розраховуються, є кількість  $i$ -х елементів  $j$ -го типу ( $n_{Kij}$ ), необхідних для забезпечення потрібної надійності в складі КЗЕ на заданий період експлуатації. Їх оцінки відповідно до заданої величини ймовірності довіри та об'єму КЗЕ, що уточнюється, корегуються та визначаються за співвідношенням

$$\Delta n_{ij} = n_{ij} - n_{Kij}.$$

За отриманими в результаті розв'язання задачі розрахунками значень запасів елементів у комплекті КЗЕ та їх оцінками необхідно скорегувати початковий КЗЕ, відповідно зменшивши або збільшивши кількість відповідних типів елементів до потрібної.

**Розв'язання задачі**

1. За значеннями моментів відмов  $t_{ijk}$  або результатами моделювання на основі моделі, побудованої на реєстровому методі, визначаються інтервали між відмовами:

$$Z_{ijk} = t_{ijk+1} - t_{ijk}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, Kt_{ij}. \quad (1)$$

2. Розраховуються оцінки математичного сподівання ( $\tilde{a}_{ij}$ ) та середньоквадратичне відхилення ( $\tilde{\delta}_{ij}$ ) для кожного  $i$ -го елемента  $j$ -го типу:

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{Kt_{ij}} \sum_{k=1}^{Kt_{ij}} z_{ijk}. \quad (2)$$

$$\tilde{\delta}_{ij} = \sqrt{\frac{1}{(Kt_{ij} - 1)} \sum_{k=1}^{Kt_{ij}} (z_{ijk} - \tilde{a}_{ij})^2}, \quad (3)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, N_j$ ;

$j = 1, 2, 3, \dots, M$ .

$N$  – кількість елементів відповідного  $i$ -го типу в РЕА;

$M$  – кількість  $j$ -х типів елементів у складі апаратури РЕА.

3. Визначають  $\chi$ -квантиль нормального розподілу за виразом

$$\chi_{ij} = \frac{\left( (T_e - T_i) - \tilde{a}_{ij} \left( n_{ij} + \frac{T_e - T_i}{T_B} \right) \right) \sqrt{\tilde{a}_{ij}}}{\tilde{\delta}_{ij} \sqrt{T_e - T_i}}, \quad (4)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, N_j$ ;

$j = 1, 2, 3, \dots, M$ .

4. Виходячи з достатньо простих міркувань, визначають значення ймовірності ( $P_{opij}$ ), яка відповідає події, що кількість елементів  $j$ -го типу в складі КЗЕ буде достатньою на заданий період експлуатації:

$$P_{opij} \{Kt_{ij} \leq n_{ij}\} = P_{opij} \left\{ Kt_{ij} \leq \frac{T_e - T_i}{\tilde{a}_{ij}} - \frac{\chi_{ij} \tilde{\delta}_{ij}}{\tilde{a}_{ij}} \sqrt{\frac{T_e - T_i}{\tilde{a}_{ij}}} \right\} \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\chi_{ij}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (5)$$

де  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\chi_{ij}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$  – інтеграл Лапласа, що визначається за таблицею відповідно до отриманої величини  $\chi$ -квантиля.

5. Проводиться перевірка умови

$$P_{opij} \{Kt_{ij} \leq n_{ij}\} \geq P_{оijnomp}. \quad (6)$$

Якщо умова виконується, то зменшують величину  $Kt_{ij}$  на 1 елемент та повторюють виконання пунктів 3–4. Процес зменшення та повторних розрахунків виконується до моменту невиконання умови (6).

Коли матиме місце невиконання умови (6), то визначають необхідний запас  $i$ -го елемента  $j$ -го типу в складі КЗЕ на заданий період експлуатації, виходячи з мінімального, для якого виконується умова 6.

Якщо умова (6) не виконується на першому кроці розрахунків, то величину  $n_{ij}$  збільшують на 1 та повторюють обчислення пунктів 3-4 до першого її виконання. Величини  $n_{ij}$ , що відповідають цьому значенню, беруть за потрібний запас елементів  $j$ -го типу в складі КЗЕ на заданий період експлуатації.

6. Обчислюється інтервальна оцінка результатів розрахунку запасу елементів у складі КЗЕ на заданий період експлуатації.

Для цього за заданою величиною надійної ймовірності  $\beta$  під час використання таблиць значень функції Лапласа (3) відповідно до рівнянь  $\Phi(t_\beta) = \beta$  визначається величина  $t_\beta$ , а потім величина похибок за формулою

$$\varepsilon_{ij} = t_\beta \left( \frac{\tilde{\delta}_{z_{ij}}}{\sqrt{Kt_{ij}}} \right) \quad (7)$$

Для значень похибок математичних сподівань визначають надійні інтервали  $(\tilde{a}_{ij} - \varepsilon_{ij}; \tilde{a}_{ij} + \varepsilon_{ij})$  та, використовуючи їх як вхідні дані задачі корегування КЗЕ, довірливий інтервал для значень запасів КЗЕ  $n_{ij}$  відповідно до пунктів 3-5 даної методики.

7. За отриманими в результаті розв'язання задачі розрахунками значень запасів елементів у КЗЕ та їх оцінками шляхом порівняння їх із запасами відповідних елементів у складі існуючого здійснюють корегування початкового КЗЕ, зменшуючи або збільшуючи кількість відповідних типів елементів до потрібної.

З використанням запропонованої методики розв'язана практична задача з оцінювання складу КЗЕ радіоапаратури 5Н20 на період експлуатації  $T_n = 3000$  год за умови забезпечення ймовірної достатності за кожним типом елементів, що відповідає величині  $P_{\delta_{ij}} = 0,9995$ . Результати розрахунку наведені в таблиці.

*Таблиця*

№ з/п	Умовний тип елементів	Початкові дані		Результати розрахунку запасів елементів		
		Матем. сподівання( $\tilde{a}_{ij}$ )	СКВ ( $\tilde{\delta}_{ij}$ )	На основі запропонованої методики	Існуючою методикою	Відмінності (%)
1	П1	490	150	10	13	-23
2	П2	541	210	10	12	-17
3	П3	629	325	9	11	-19
4	П4	700	360	9	11	-19
5	П5	610	245	9	12	-25
6	П6	562	250	10	12	-17
7	Х	725	241	7	10	-30
8	А	351	191	15	17	-11
9	Н	303	170	17	19	-10
10	У	755	200	11	14	-21

**Висновки.** Запропонований метод розрахунку та корегування складу КЗЕ є більш простим у порівнянні з існуючими. Він дозволяє розв'язувати пряму задачу: розрахунку необхідного складу КЗЕ для забезпечення надійної експлуатації апаратури протягом певного періоду – та зворотну: визначення періоду експлуатації, на який буде достатнім відповідний комплект запасних елементів. Крім того, з його використанням можливе проведення і корегування існуючих КЗЕ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аппаратура радиоэлектронная: общие требования к составу комплектов ЗИП и методам, его расчет : ГОСТ В 26267 – 84.
2. Шура-Бура Г. П. Расчет и оптимизация комплектов запасных элементов РЕА / Г. П. Шура-Бура. – М. : Радио и связь, 1985. – 160 с.
3. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, О. А. Беляев, А. А. Соловьев. – М. : Наука, 1965. – 228 с.
4. Хлывнюк Н. Г. Об уточнении метода расчета числа запасных элементов РТС / Н. Г. Хлывнюк // Научно-методические материалы в/ч 03425. – М. – Вып. 80, 1986.

Подано 29.05.08

**Н. Г. Хлывнюк, С. Л. Приймак**  
**МЕТОД КОРРЕКТИРОВАНИЯ КОМПЛЕКТОВ ЗАПАСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**  
**ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ**  
**НАДЕЖНОСТИ**

*В статье предложена методика расчета и корректирования комплектов запасных элементов информационных систем проведением оценивания прогнозируемого значения показателей надежности на основе метода моделирования с использованием математического аппарата теории .*

**M. G. Chlyvnuk, S. L. Priymak**  
**THE METHOD OF CORRECTION OF INFORMATION SYSTEMS RESERVE**  
**COMPONENTS SETS BASED ON PROGNOSTICATION OF THEIR RELIABILITY**

*In the article, due to the method of mathematical modeling and prognostication the parameters and sets of reserve components of information systems reliability on a certain working period are determined. Also, on the results of information systems operation the method of correction of sets of reserve components based on the theory of reproduction is represented.*