

---

*Конструювання радіоапаратури*

---

УДК 621.396.6(075.8)

**ВРАХУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ КОРЕКЦІЇ  
ПРОГРАМ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ  
РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ***Косов М.Г., Муратов Р.В., Мірських Г.О.*

Оптимізація (з точки зору технічної ефективності, витрачених коштів та часу) алгоритмів (програм) контролю стану радіоелектронних засобів (РЕЗ) в процесі проведення їх випробувань, під час виробництва та експлуатації набуває дедалі більшої актуальності, що обумовлено вимогами часу щодо збільшення кількості видів, моделей та обсягів виробництва РЕЗ, призначених, зокрема, для задоволення зростаючого попиту з боку пересічного громадянина. Більшість методів, які покладені в основу програм технічної діагностики взагалі, та пошуку складової частини, що є причиною відмови РЕЗ, зокрема, в більшій чи меншій мірі спираються на апріорну інформацію [1]. Для використання одних методів необхідна інформація про ймовірності (як правило, відносні) відмовлення окремих складових частин РЕЗ, для інших - імовірності того, що саме відмовлення цієї складової частини призводить до відповідної відмови РЕЗ в цілому тощо. Наявність такої апріорної інформації, за всяких умов, підвищує ефективність програм пошуку несправного елемента – заощаджує кошти, час ремонту апаратури, підвищує її експлуатаційні показники. Для отримання максимального ефекту вказана інформація має постійно доповнюватись та уточнюватись за результатами відповідних статистичних даних, що можуть (мають) накопичуватись в процесі експлуатації відповідної моделі РЕЗ. Апріорна інформація в тому чи іншому обсязі використовується в процесі розроблення програм пошуку на підставі як імовірнісних так і, часто, детерміністських методів технічної діагностики. Звичайно, обсяг цієї інформації має бути значно більшим для використання імовірнісних методів, але і ефективність детерміністських методів суттєво зростає, за умови накопичення, оброблення та відповідного використання статистичної інформації.

**Теоретичні основи отримання та використання статистичних даних  
в умовах сервісного підприємства**

Аналіз методів [2], на яких базується більшість сучасних програм технічної діагностики РЕЗ дозволяє сформулювати перелік параметрів (даних), що в якості первинної інформації слід накопичувати сервісною службою (сервісним підприємством) під час експлуатації (яка, часто-густо, обмежується лише ремонтом) визначеної моделі РЕЗ. При цьому вважатимемо, що РЕЗ, який характеризується сукупністю  $m$  вихідних параметрів  $k_j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ), складається з  $\nu$  елементів (складових частин, блоків), а визначеному набору параметрів  $k_j$  (визначеній реалізації параметрів) відповідає визна-

чений діагноз  $D_i$ . Зазначимо, що за умови прийняття постулату наявності лише однієї відмови одного з елементів,  $i$ -й стан РЕЗ (його діагноз  $D_i$ ) буде однозначно визначати відмову відповідного  $i$ -го елемента ( $i=1, 2, \dots, v$ ). Надалі для спрощення прийемо цей постулат.

Проведені дослідження показали, що для реалізації більшості широко-вживаних методів діагностування РЕЗ можна обмежитись накопичуванням наступної інформації для кожної з моделей.

1) Кількість апаратів  $N$ , які сервісне підприємство отримує для ремонту.

2) Кількість апаратів  $N_i$ , в яких виявлено діагноз  $D_i$ .

Така інформація дозволяє за статистичними даними визначити імовірність  $P(D_i)$  діагнозу  $D_i$ . Тобто апіорну імовірність того, що трапилась відмова РЕЗ, яка визначається діагнозом  $D_i$ . Так, якщо за результатами обстеження  $N$  апаратів виявлено  $N_i$  апаратів, які знаходились у стані  $D_i$  (у яких виявлено діагноз  $D_i$ ), то

$$P(D_i) = N_i/N. \quad (1)$$

З урахуванням прийнятого постулату відносно можливості відмови лише одного елемента, величина  $P(D_i)$  визначатиме імовірність відмови  $i$ -го елемента  $q_i$ , а вся сукупність діагнозів утворює повну групу подій, тобто:

$$\sum_{i=1}^v P(D_i) = \sum_{i=1}^v q_i = 1.$$

Вочевидь, отримана статистична інформація щодо імовірності того чи іншого діагнозу може використовуватись і як інформація щодо імовірності відмов елементів РЕЗ (з урахуванням прийнятого постулату). При цьому слід відмітити, що імовірність відмови того чи іншого елемента РЕЗ різними методами діагностування використовується у різній формі. Одна група методів використовує безпосередньо інформацію надану формулою (1), а саме визначає імовірність відмови  $i$ -го елемента як

$$q_i = N_i/N \quad (2)$$

Визначену (2) імовірність можна розглядати як "абсолютну"  $q_i^a$  імовірність відмови  $i$ -го елемента – ця величина не пов'язана з кількістю елементів, що входить до складу РЕЗ, і до початку дослідження (до отримання першого апарату) її чисельне значення дорівнюватиме нулю, тобто  $q_{i0}^a = 0$ .

Друга група методів використовує інформацію щодо імовірності відмови даного елемента у порівнянні з ймовірностями відмови інших елементів РЕЗ. Таку імовірність можна розглядати як "відносну"  $q_i^b$  імовірність відмови  $i$ -го елемента – ця величина пов'язана з кількістю елементів  $v$ , що входить до складу РЕЗ, і на початок дослідження (до отримання першого

апарату) її чисельне значення дорівнюватиме  $q_{i0}^B = 1/v$ , а в процесі накопичення статистичних даних розраховується за формулою

$$q_i^B = \frac{1 + N_i}{v + N}$$

3) Стан сукупності вихідних параметрів (реалізацію вихідних параметрів, або, як це передбачено більшістю методів технічної діагностики, реалізацію вихідних ознак) РЕЗ, що відповідає визначеному діагнозу  $D_i$ . А саме, серед обстеженої кількості  $N_i$  апаратів, у яких виявлено діагноз  $D_i$ , слід виділити кількість  $N_{ij}$  апаратів, яким притаманна реалізація  $k_j$  вихідних параметрів (ознак).

Ця інформація дозволяє за статистичними даними визначити умовну імовірність появи реалізації ознаки  $k_j$  у апаратів, для яких встановлено діагноз  $D_i$ :

$$P(k_j/D_i) = N_{ij}/N. \quad (3)$$

4) Стан сукупності вихідних параметрів незалежно від визначеного діагнозу. А саме, фіксація кількості  $N_j$  апаратів, яким притаманна реалізація ознаки  $k_j$ , незалежно від встановленого діагнозу. Ця інформація дозволяє за статистичними даними визначити імовірність появи відповідної реалізації ознаки у вибраній моделі РЕЗ, тобто визначити наскільки часто ті чи інші вихідні параметри даної моделі відхиляються від норми (виходять за границі поля допуску) в процесі експлуатації:

$$P(k_j) = N_j/N.$$

Для практичного використання наведених формул необхідно подати їх у рекурентному вигляді, що надасть можливість перерахунку (уточнення) отриманих за попередніми даними імовірнісних характеристик при наявності додаткової інформації після дослідження (ремонт) чергового апарату, що потрапив до сервісного підприємства. З цією метою в пам'яті комп'ютера слід зберігати наступні величини:  $N$  – загальна кількість апаратів, що використовується для набору статистичних даних;  $N_i$  – кількість апаратів з діагнозом  $D_i$ ;  $N_{ij}$  – кількість апаратів з діагнозом  $D_i$ , обстежених за ознакою  $k_j$ . Наприклад, якщо поступає черговий апарат з діагнозом  $D_\mu$  і наявною ознакою  $k_r$ , то слід корегувати статистичні показники, отримані за результатами обстежень "попередніх" апаратів, згідно формул для ймовірностей діагнозів

$$P(D_i) = q_i^a = \begin{cases} P(D_i) \frac{N}{N+1}; & \text{для } i = 1, 2, \dots, v; i \neq \mu; \\ P(D_\mu) \frac{N}{N+1} + \frac{1}{N+1}; & i = \mu \end{cases}$$

для "відносних" ймовірностей відмов елементів

$$q_i^b = \begin{cases} \frac{q_i^b}{v + N + 1}; & \text{для } i = 1, 2, \dots, v; i \neq \mu; \\ \frac{q_\mu^b + 1}{v + N + 1}; & i = \mu \end{cases}$$

для імовірності появи ознаки  $k_r$ , за умови наявності діагнозу  $D_\mu$

$$P(k_j / D_\mu) = \begin{cases} P(k_j / D_\mu) \frac{N_{\mu j}}{N_{\mu j} + 1}; & \text{для } j = 1, 2, \dots, m; j \neq r; \\ P(k_r / D_\mu) \frac{N_{\mu r}}{N_{\mu r} + 1} + \frac{1}{N_{\mu r} + 1}; & j = r \end{cases}$$

при цьому умовні імовірності ознак при інших діагнозах корекції не потребують.

Відмітимо, що для реалізації різних методів діагностування використовується різна апіорна статистична інформація. Однак, наявність такої інформації у максимальному обсязі дозволяє проводити корегування з метою підвищення ефективності навіть тих методів, класичне трактування яких не спрямоване на всебічне використання вказаної інформації. Наприклад, інформація отримана за формулою (3), може суттєво підвищити ефективність реалізації широковживаного в умовах сервісних підприємств методу час-імовірність.

### Практична реалізація отриманих результатів

Результати проведених досліджень реалізовані у вигляді пакету програм, пристосованих для використання в умовах сервісного підприємства та навчальної лабораторії, мета якої забезпечити надання практичних навичок пошуку несправностей РЕЗ з урахуванням апіорної статистичної інформації. В основу пакету покладено методи половинного поділення та метод час-імовірність. Пакет включає таблиці підготовки вихідних даних, кількість яких необмежена і вибирається відповідно до кількості моделей, що поступають до сервісного підприємства. До таблиць заноситься поточна інформація за результатами дослідження (ремонт) "поточного" РЕЗ. З урахуванням цієї інформації програмою здійснюються відповідні перера-

хунки статистичних показників, що стають основою для корекції програми діагностування "наступних" РЕЗ.

Для перевірки працездатності роботи розробленого програмного забезпечення був реалізований віртуальний експеримент. В експерименті використовувався віртуальний РЕЗ, до складу якого входило 20 елементів. В основу програми покладено метод половинного поділення, реалізація якого спирається на інформацію щодо відносної ймовірності відмов елементів РЕЗ. В якості вихідних даних було прийнято: первісна інформація про ймовірності відмов відсутня і прийнята однаковою для всіх елементів; частота відмов того чи іншого елемента, що визначає характер потоку відмов, задана довільно. Результати роботи програми наведені на рис.1.

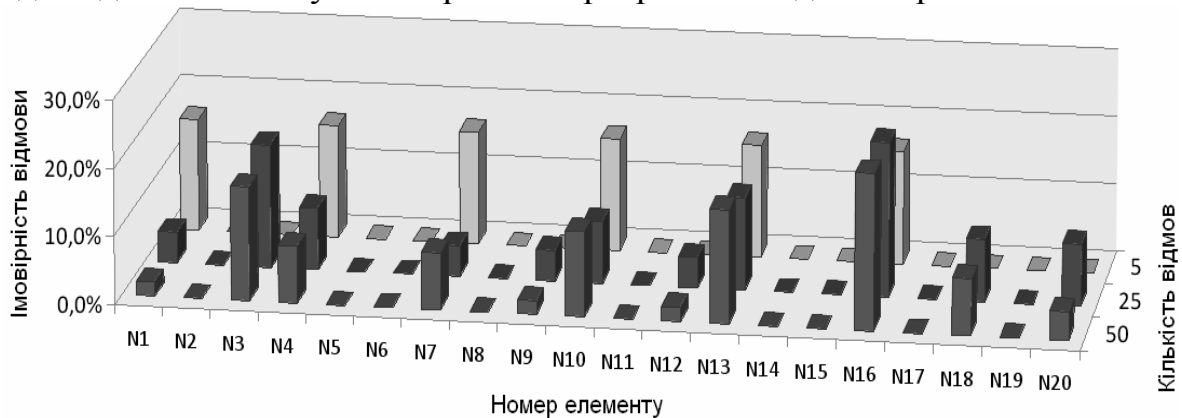


Рис. 1

Видно, що по мірі накопичення статистичної інформації, змінюється апріорна інформація про відносні ймовірності відмов елементів РЕЗ. Це, звичайно, призведе до зміни програми діагностування, які сприятимуть зменшенню кількості контрольних вимірювань (проб), необхідних для виявлення елемента, що відмовив.

Під час обслуговування РЕЗ в умовах сервісного підприємства збирання, накопичення та відповідне оброблення статистичного матеріалу сприяє формуванню бази для побудови та поточної корекції програм пошуку несправного елемента, що сприяє підвищенню ефективності роботи таких програм, а, відповідно, і економічних показників підприємства. Для формалізації цього процесу, його автоматизації та організаційного впорядкування розроблено пакет відповідних комп'ютерних програм та методика постановки віртуальних експериментів. Розроблений пакет програм показав свою ефективність в умовах проведених віртуальних експериментів, є перспективним з точки зору розширення кількості статистичних параметрів, що визначаються, може суттєво підвищити ефективність діяльності сервісних підприємств, придатний для використання в умовах навчальної лабораторії.

Література

1. Федоров В.К., Сергеев Н.П., Кондрашин А.А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств. «Техносфера», М.: 2005, 504 с. (ISBN 5-94836-042-3)

2. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования. // Воробьёв В.Г., Глухов В.В., Козлов Ю.В. и др. «Транспорт». Спб.: 1994, 191 с. (ISBN 5-7386-0475-4)

*Косов М.Г., Муратов Р.В., Мірських Г.О. Врахування статистичних даних для корекції програм пошуку несправностей радіоелектронних засобів. Наведено опис алгоритму та результати розроблення пакету програм для накопичення та використання емпіричної інформації, з метою підвищення ефективності діагностування радіоелектронних засобів*

**Ключові слова:** *технічна діагностика, ремонт радіоелектронних засобів*

*Косов М.Г., Муратов Р.В., Мірських Г.О. Учет статистических данных для коррекции программ поиска неисправностей радиоэлектронных средств. Приведено описание алгоритма и результатов разработки пакета программ для накопления и использования эмпирической информации, с целью повышения эффективности диагностирования радиоэлектронных средств*

**Ключевые слова:** *техническая диагностика, ремонт радиоэлектронных средств*

*Kosov M.G., Muratov R.V., Mirskikh G.O. The account of the statistical, given for correction programs of search defuses of radioelectronic means. The description of algorithm and results of development of the software package for accumulation and use of the empirical information is given, with the purpose of increase of efficiency of diagnosing of radioelectronic means*

**Key words:** *technical diagnostic, repair of the radioelectronics devices*