

## АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ЗВ'ЯЗОК

УДК 681.5.001.76:656.2

*Мойсеєнко В.І., к.т.н., професор (УкрДАЗТ)  
Лазарєв О.В., ст. викладач (УкрДАЗТ)*

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТА РЕСУРСУ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

*Аналіз стану проблеми та постановка задачі.* Структурна перебудова залізничного транспорту вимагає впровадження нових методів організації технічного обслуговування та ремонту засобів транспорту. Існуюча система організації робіт базується на застарілій методології, за якої пристрої автоматики та зв'язку закріплюються за окремими підрозділами дистанції сигналізації та зв'язку та обслуговуються через жорстко встановлені проміжки часу. Ресурс визначається комісійним оглядом, без врахування фактичного стану пристроїв [1]. Впровадження нової техніки потребує розробки принципово нових методів технічного обслуговування.

Необхідно удосконалити метод визначення ресурсу основних засобів господарства сигналізації та зв'язку з врахуванням показників зносу, інтенсивності експлуатації, впливу зовнішніх факторів та інших показників.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.* Оптимізація технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики розглядається в працях багатьох вчених, насамперед це Брейдо А.И., Горелік О.В., Дмитренко І.Є., Лисенков В.М., Сапожніков В.В., Сапожніков Вл.В. У роботах вказаних вчених акцентується увага на формуванні оцінок стану та вибору оптимальної стратегії технічного обслуговування. Питання визначення ресурсу не набули належної наукової підтримки і здійснюються евристичними методами [2]. Внаслідок цього існуюча процедура визначення ресурсу не відповідає сучасним вимогам по ергономічності, надійності, економічності, тому ця проблема є актуальною як в науковому, так і в практичному плані.

**Формулювання мети статті.** Метою статті є розробка методу прогнозування ресурсу систем залізничної автоматики.

**Виклад основного матеріалу.** На теперішній час оцінка стану систем залізничної автоматики виконується відповідно до Методичних вказівок [1]. Згідно з цією інструкцією оцінка стану системи виконується послідовно двома комісіями: робочою та кваліфікаційною. Склад посадових осіб у комісіях жорстко встановлений, та обирається за важливістю посади. Висновок роботи комісій виконується суб'єктивно, без будь-яких кількісних оцінок. Існуючі методи прогнозування можна розділити на три частини: інтуїтивні, формалізовані, математичні [3]. У свою чергу інтуїтивні методи прогнозування поділяються на методи колективних оцінок та методи індивідуальних експертних оцінок. З методів колективних експертних оцінок можна виділити: метод анкетування, метод «комісій», метод «мозкових атак», метод програмного прогнозування, метод евристичного прогнозування, колективна генерація ідей.

У виборі методів прогнозування важливим показником є глибина попередження прогнозу. При цьому необхідно не тільки знати абсолютну величину цього показника але й віднести його до тривалості еволюційного циклу розвитку об'єкту прогнозування. Для цього можна використовувати запропонований В.Белоконем безрозмірний показник глибини (дальності) прогнозування ( $\tau$ ):

$$\tau = \frac{\Delta t}{t},$$

де  $\Delta t$  - абсолютний час попередження,

$t$  - величина еволюційного циклу об'єкту прогнозування.

Формалізовані методи прогнозування є дієвими, якщо величина глибини попередження вкладається у рамки еволюційного циклу ( $\tau \ll 1$ ). При виникновении у рамках прогнозного періоду «стрибка» у розвитку об'єкту прогнозування ( $\tau \approx 1$ ) необхідно використовувати інтуїтивні методи, як для визначення сили «стрибка», так і для оцінки часу його здійснення, або теорію катастроф [4]. В цьому випадку формалізовані методи застосовуються для оцінки еволюційних ділянок розвитку до та після стрибка. Якщо ж у прогнозному періоді вкладаються декілька еволюційних циклів розвитку об'єкта прогнозування ( $\tau \gg 1$ ), то при комплексуванні систем прогнозування велике значення мають інтуїтивні методи.

З урахуванням існуючого положення галузі найбільш доцільним є застосування колективного експертного методу анкетування. Цей метод оснований на індивідуальному опитуванні експертів, зазвичай у формі анкет, для отримання відносної важливості та строків здійснення гіпотетичних подій [5]. Недоліком методу є неможливість урахування впливу на експертів організаторів опитувань при складанні анкет, але у порівнянні з існуючою процедурою він дає кращі результати за рахунок зменшення суб'єктивізму при визначенні рішення по проблемі, що обговорюється.

Основними задачами при формуванні прогнозу за допомогою колективу експертів є: формування репрезентативної експертної групи, підготовка та проведення експертизи, статистична обробка отриманих документів. Також важливим питанням є визначення якісного та кількісного складу експертної групи.

Відбір експертів починається з визначення питань, які охоплюють вирішення даної проблеми, потім складається список осіб, компетентних у даних галузях. Для отримання якісного прогнозу до учасників експертизи пред'являється ряд вимог, основним з яких є: високий рівень загальної ерудиції, глибокі спеціальні знання в галузі, що оцінюється, спосібність до адекватного відображення тенденції розвитку досліджуваного об'єкту, наявність психологічної установки на майбутнє, наявність академічного наукового інтересу до питання, що оцінюються при відсутності практичної зацікавленості спеціаліста в цій галузі, наявність виробничого та (або) дослідницького досвіду у галузі, що розглядається.

Встановити оптимальну чисельність групи експертів доволі важко. Однак зараз розроблено ряд формалізованих підходів до цього питання. Один з них оснований на встановленні максимальної та мінімальної меж чисельності групи [5]. При цьому виходять з двох умов: високої середньої компетентності груп експертів та стабілізації середньої оцінки характеристики, що прогнозується. Перша умова використовується для визначення максимальної чисельності групи експертів  $n_{\max}$  [5]:

$$CK_{\max} \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n_{\max}},$$

де  $C$  - константа;

$K_{\max}$  - максимально можлива компетентність за шкалою компетентності, що використовується;

$K_i$  - компетентність  $i$ -го експерта.

Ця умова припускає, що якщо є група експертів, компетентність яких максимальна, то середнє значення їх оцінок можна вважати «правдивим». Для визначення константи використовується практика голосування, тобто група вважається обраною, якщо за неї подано  $2/3$  голосів присутніх. Виходячи з цього, приймається, що  $C=2/3$ . Таким чином, максимальна чисельність експертної групи встановлюється на підставі нерівності [5]:

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum_{i=2}^n K_i}{2k_{\max}}.$$

Далі визначається мінімальна чисельність експертної групи  $n_{\min}$ . Це здійснюється за допомогою використання умови стабілізації середньої оцінки прогнозованої характеристики, яка формулюється наступним чином: включення або виключення експерта з групи незначно впливає на середню оцінку прогнозованої величини:

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon,$$

де  $B$  - середня оцінка прогнозованої величини в балах, дана експертною групою;

$B'$  – середня оцінка, дана експертною групою, з якої виключений (або в яку включений) один експерт;

$B_{\max}$  – максимально можлива оцінка прогнозованої величини в прийнятій шкалі оцінок;

$\varepsilon$  – задана величина зміни середньої помилки при включенні або виключенні експерта.

Для визначення відповідності потенційного експерта висунутим вимогам використовується анкетне опитування. Додатково до цього використовують спосіб самооцінки компетентності експерта. При самооцінці експерт визначає ступінь своєї поінформованості у досліджуваному питанні також на підставі анкети. Обробка даних дає можливість отримати кількісну оцінку компетентності потенційного експерта за формулою [5]:

$$K = 0,5 \left( \frac{\sum_{j=3}^m V_j}{\sum_{j=1}^m V_{j\max}} + \frac{\lambda}{p} \right),$$

де  $V_j$  - вага градації, перекресленої експертом по  $j$ -й характеристиці у анкеті в балах;

$V_{j\max}$  - максимальна вага (межа шкали)  $j$ -й характеристики в балах;

$m$  - загальна кількість характеристик компетентності в анкеті;

$\lambda$  - вага осередку, що перекреслена експертом в шкалі самооцінки в балах;

$p$  - межа шкали самооцінки експерта в балах.

Після формування експертної групи та анкетування експертів з приводу прогнозованої оцінки використовується докладний статистичний аналіз експертних висновків, у результаті якого визначаються якісні характеристики групи експертів. Відповідно до цих характеристик у процесі проведення експертизи якісний і кількісний склад експертної групи може коректуватися.

Підготовка до проведення експертного опитування включає розробку анкет, що містять набір питань по об'єкту прогнозу. Хоча форма й зміст питань визначаються специфікою об'єкта прогнозування, можна встановити загальні вимоги до них:

- питання повинні бути сформульовані в загальноприйнятих термінах, їхнє формулювання повинне виключати всяку значеннєву невизначеність,

- всі питання повинні логічно відповідати структурі об'єкта прогнозу, забезпечувати єдине тлумачення.

За формою питання можуть бути відкритими й закритими, прямими й непрямыми. Ці питання формуються у два етапи. На першому етапі експертам пропонується сформулювати найбільш перспективні й найменш розроблені проблеми. На другому - з названих проблем вибираються принципово розв'язні, та ті що мають безпосереднє відношення до об'єкта прогнозу.

Процедура проведення експертизи може бути різною, однак тут також можна виділити три основних етапи:

- на першому етапі експерти залучаються для уточнення формалізованої моделі об'єкта прогнозу, формулювання питань в анкетах, уточнення складу групи;

- на другому етапі здійснюється безпосередня робота експертів над питаннями в анкетах;

- на третьому етапі після попередньої обробки результатів прогнозу експерти залучаються для консультацій за відсутньою інформацією, необхідною для остаточного формування прогнозу.

При статистичній обробці результатів експертних оцінок у вигляді кількісних даних, що містяться в анкетах, визначаються статистичні оцінки прогнозованих характеристик і їхні довірчі границі, статистичні оцінки погодженості думок експертів.

Середнє значення прогнозованої величини визначається по формулі [6]

$$B = \sum_{i=1}^n B_i / n,$$

де  $B_i$  - значення величини, що прогнозується, дане  $i$ -м експертом;  
 $n$  – число експертів у групі.

Крім того, визначається дисперсія [6]

$$D = \left[ \sum (B_i - B)^2 / (n - 1) \right]$$

та наближене значення довірчого інтервалу

$$j = t \sqrt{\frac{D}{n - 1}},$$

де  $t$  – критерій Стьюдента для заданого рівня довірчої вірогідності й числа ступенів свободи  $k = (n - 2)$ .

Довірчі границі для значення величини, що прогнозується, обчислюються по формулах: для верхньої границі  $AB = B + j$ , для нижньої границі  $AH = B - j$ .

Коефіцієнт варіації оцінок, даних експертами, визначається по залежності

$$v = \frac{\sigma}{B},$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення.

При обробці результатів експертних оцінок по відносній важливості напрямків середнє значення, дисперсія й коефіцієнт варіації обчислюються для кожного оцінюваного напрямку. Крім того, обчислюється коефіцієнт конкордації, що показує ступінь погодженості думок експертів по важливості кожного з оцінюваних напрямків, і коефіцієнти парної рангової кореляції, що визначають ступінь погодженості експертів один з одним.

Для цього провадиться ранжирування оцінок важливості, даних експертами. Кожна оцінка, дана  $i$ -м експертом, виражається числом натурального ряду таким чином, що число 1 присвоюється максимальній оцінці, а число  $n$  - мінімальній. Якщо всі оцінки різні, то відповідні числа натурального ряду є ранги оцінок  $i$ -го експерта.

Якщо серед оцінок, даних  $i$ -м експертом, є однакові, то цим оцінкам призначається однаковий ранг, рівний середній арифметичній відповідних чисел натурального ряду.

Сума рангів  $S_j$ , призначених експертами напрямку  $j$  ( $j=1, \dots, t$ ;  $x$  - число напрямків, що досліджуються), визначається за формулою [5]

$$S_j = \sum_{i=1}^n R_{ij},$$

де  $R_{ij}$  - ранг оцінки, даної  $i$ -м експертом  $j$ -му напрямку.

Середнє значення суми рангів оцінок по всіх напрямках дорівнює  $\bar{S} = \sum_{j=1}^m \frac{S_j}{m}$ . Відхилення суми рангів, що отримані  $-m$  напрямком, від середнього значення суми рангів визначається як  $d_j = S_j - \bar{S}$ . Тоді коефіцієнт конкордації, обчислений за сукупністю усіх напрямків, складає [5]

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^m d_j^2}{n^2(m^3 - m) - n \sum_{i=1}^n T_i}.$$

Величина  $T_i = \sum_{i=1}^n t_i^3 - t_c$ , розраховується при наявності рівних рангів ( $n$  - кількість груп рівних рангів,  $t_c$  - кількість рівних рангів в групі). Коефіцієнт конкордації приймає значення в межах від 0 до 1.  $W=1$  означає повну погодженість думок експертів, при  $W=0$  - повну непогодженість. Коефіцієнт конкордації показує ступінь погодженості всієї експертної

групи. Низьке значення цього коефіцієнта може бути отримане як при відсутності спільності думок всіх експертів, так і через наявність протилежних думок між підгрупами експертів, хоча усередині підгрупи погодженість може бути високою.

**Висновок.** Метод визначення ресурсу пристроїв залізничної автоматики, що пропонується, передбачає попередню оцінку кваліфікації експертів, визначення їхньої чисельності з урахуванням встановлених вимог.

Розроблена процедура проведення експертного опитування та система імовірних оцінок отриманих результатів, що забезпечує зменшення суб'єктивності при формуванні результату експертного опитування.

Подальшим розвитком досліджень є визначення впливу розмірів експлуатаційної роботи залізниці, внутрішніх та зовнішніх факторів на процес визначення стану та ресурсу засобів автоматики [7].

### *Список літератури*

1 Методичні вказівки з оцінки стану систем сигналізації, централізації та блокування СЦБ і їх елементів на залізницях України (ЦШ/0024) / [розроблено НВП «Залізничавтоматика»]. - К. : Транспорт України, 2003. - 56 с.

2 Брейдо А. И. Организация обслуживания устройств железнодорожной автоматики и связи / А. И. Брейдо, В. А. Овсянников ; под ред. В. С. Аркатова. - М. : Транспорт, 1983. - 208 с.

3 Надежность и эффективность в технике: справ. в 10-ти т. - Т.1. : Методология, организация, терминология / [В. С. Авдеевский, И. В. Апполонов, Е. Ю. Барзилович и др.] ; под ред. А. И. Рембезы. - М. : Машиностроение, 1986. - 244 с.

4 Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Джон Касти ; [пер. с англ.]. - М. : Мир, 1982. - 216 с.

5 Евланов Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. - М. : Экономика, 1978. - 133 с.

6 Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М. : Наука, 1988. - 480 с.

7 Безопасность атомных станций : Информационные и управляющие системы / [М. А. Ястребенецкий, В. Н. Васильченко, С. В. Виноградская и др.] ; под ред. М. А. Ястребенецкого. - К. : Техніка, 2004. - 472 с.