

УДК 656.25

МОЙСЕЄНКО В.І., д.т.н., професор (УкрДАЗТ);
КУРЦЕВ М.С., зав. лабораторією (УкрДАЗТ).

Використання нестационарного коефіцієнту оперативної готовності для оцінки роботи систем залізничної автоматики

Вступ

В роботі залізничного транспорту на протязі багатьох років людина є одним з головних чинників забезпечення показників його функціонування. Від якості виконання робіт з технічного обслуговування систем керування рухом поїздів значною мірою залежать показники безпеки.

Існуюча система показників у переважній більшості орієнтована на технічну складову, тому дослідження впливу людського фактору на роботу транспортного механізму є актуальними.

Аналіз досліджень та публікацій

Відомі роботи [1-6], в яких розглядаються питання визначення показників безпеки та надійності технічних засобів і зокрема систем керування та регулювання рухом поїздів. Зокрема у нормативних документах [4] визначений такий перелік основних показників:

Показники функційної безпеки:

- $Q_n(t)$ – імовірність небезпечної відмови технічного засобу або комплексу технічних засобів (за час t);

- $Q_{ni}(t)$ – імовірність небезпечної відмови одного елемента;

- $P_o(t)$ – імовірність безпечної роботи технічного засобу або комплексу технічних засобів;

- $\lambda_n(t)$ – інтенсивність небезпечних відмов технічних засобів або комплексу технічних засобів;

- $T_{cp,n}$ – середній наробіток до небезпечної відмови технічного засобу або комплексу технічних засобів.

Додаткові показники безпеки:

- $\omega_n(t)$ – параметр потоку небезпечних відмов;

- T_n – середній наробіток на небезпечну відмову (між небезпечними відмовами);

- K_o – коефіцієнт готовності до безпечної роботи;

- $K_o(t)$ – функція готовності до безпечної роботи.

Показники безвідмовності:

- $Q(t)$ – імовірність відмови технічного засобу або комплексу технічних засобів;

- $P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи технічного засобу або комплексу технічних засобів;

- $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов технічного засобу або комплексу технічних засобів;

- T_{cp} – середній наробіток до відмови технічного засобу або комплексу технічних засобів.

Додатковий показник безвідмовності:

- $\omega(t)$ – параметр потоку відмов.

Показники ремонтпридатності:

- $P_B(t)$ – імовірність відновлення;

- T_B – середня тривалість відновлення;

- $\mu(t)$ – інтенсивність відновлення.

Показники довговічності:

- T_p – середній ресурс;
- T_{cl} – середній строк служби.

Показник збережності:

- T_z – середній строк збережності.

ті.

У системах промислової автоматики [5] крім вказаних показників використовується нестандартний коефіцієнт оперативної готовності та коефіцієнт оперативної готовності в стаціонарному режимі, який визначає імовірність того, що об'єкт, який знаходиться в режимі очікування буде працездатним у заданий момент часу.

Мета роботи

Метою роботи є дослідження комплексних показників оперативної готовності з урахуванням специфіки використання систем залізничної автоматики.

Викладення основного матеріалу

Аналіз функціонування систем залізничної автоматики та телемеханіки (систем електричної централізації, автоблокування, переїзної сигналізації та ін.) показує, що більшість часу свого функціонування вони знаходяться в режимі очікування, встановлення маршруту потяга тощо. Так, за статистичними даними [ДЦ] черговий по станції або поїзний диспетчер в середньому на встановлення маршруту витрачає 18 – 20% робочого часу. У зв'язку з цим доцільно розглянути можливість використання нестационарного коефіцієнту оперативної готовності при формуванні показників, що регламентують функціонування систем залізничної автоматики.

Під режимом очікування розуміється знаходження об'єкта при повному або полегшеному навантаженні без виконання основних (робочих) функцій. За час знаходження об'єкта в режимі очікування можливе виникнення відмов та відновлення його працездатності. Використання за призначенням відбувається в заданий момент часу, при цьому потрібно безвідмовне виконання об'єктом основних функцій.

Цей показник характеризує ймовірність безвідмовної роботи об'єкта в інтервалі часу від t до $t+t_0$ та визначається з виразу

$$R(t, t+t_0) = \sum_{k=1}^{\infty} \rho \left\{ \sum (\theta_i + \xi_i) < t < t+t_0 \leq \theta_{k+1} + \sum_{i=1}^k (\theta_i - \xi_i) \right\}, \quad (1)$$

де $R(t, t+t_0)$ - ймовірність того, що об'єкт буде працювати безвідмовно на протязі заданого часу роботи t_0 , починаючи з моменту часу t , чи ймовірність того, що інтервал часу $[t, t+t_0]$ цілком попадає всередину одного з інтервалів Θ_k , тут $k = 1, 2, \dots$

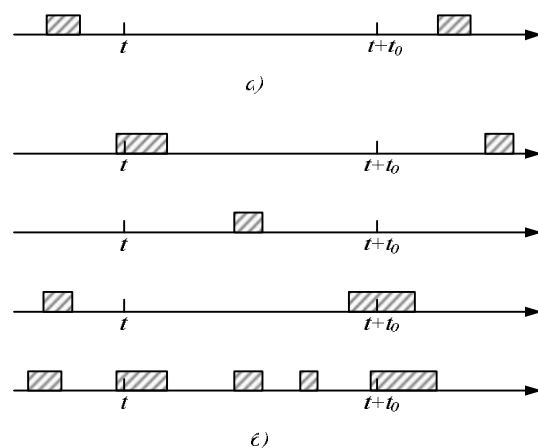


Рис. 1 . Часова діаграма, яка пояснює ймовірносне визначення показника

$$R(t, t+t_0):$$

- а) – тип сприятливої події;
- б) – тип несприятливих подій

При експоненційному законі розподілення напрацювання між відмовами та часом відновлення з параметрами λ та μ нестационарний коефіцієнт оперативної готовності визначається з виразу

$$R(t, t+t_0) = \left[\frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \right] e^{-\lambda t_0}. \quad (2)$$

Коефіцієнт оперативної готовності у стаціонарному режимі – ймовірність того, що об'єкт, який знаходиться у режимі очікування, виявиться працездатним в довільний момент часу і починаючи з цього моменту буде працювати безвідмовно протягом заданого інтервалу часу.

Цей показник характеризує стаціонарну ймовірність безвідмовної роботи об'єкта протягом заданого часу роботи t_0 та визначається з виразу

$$R(t_0) = \lim_{t \rightarrow \infty} R(t, t+t_0) \quad (3)$$

Для будь-яких розподілів часу роботи між відмовами та часом відновлення, що мають кінцеві середні значення \bar{t} та τ ,

$$R(t_0) = \frac{1}{\bar{t} + \tau} \int_{t_0}^{\infty} P_{\infty}(t) dt, \quad (4)$$

де $P_{\infty}(t) = \lim_{k \rightarrow \infty} P_k(t) = 1 - F_{\infty}(t)$, тут $F_{\infty}(t)$ - функція розподілу роботи від $k-1$ -го відновлення до k -ї відмови при безмежному збільшенні номеру k , тобто розподіл часу роботи між відмовами.

При експоненційному розподілі напрацювання між відмовами та часу відновлення коефіцієнт оперативної готовності визначається за виразом

$$R(t_0) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{-\lambda t_0}. \quad (5)$$

де λ - інтенсивність відмов, год⁻¹;
 μ - інтенсивність відновлення, год⁻¹.

Скориставшись показниками статистичної звітності Укрзалізниці [4] визначимо якісні характеристики поведінки коефіцієнту оперативної готовності в діапазоні можливої зміни показника інтенсивності відновлення після пошкоджень для залізниць України. Криві на рис. 2 вказують на досить значну розбіжність значень $R(t_0)$ між ними. Кращі характеристики мають Південна, Придніпровська та Одеська залізниці, у яких чисельний показник коефіцієнту оперативної готовності знаходиться у межах 0,575-0,58. Відповідно для Південно-Західної, Донецької та Львівської залізниці маємо діапазон 0,4-0,5. Найнижче значення можна спостерігати по Львівській залізниці, що пояснюється дуже значним рівнем фізичної та моральної зношеності основних засобів. У той-же час за даними спостережень середня тривалість відновлення після пошкоджень складає від однієї до двох годин. При існуючих релейних технічних засобах керування та контролю для забезпечення безперебійності перевізного процесу необхідно забезпечити значення інтенсивності відновлення не менше 0,5 год⁻¹. В процесі планування заходів з модернізації існуючих пристроїв сигналізації, централізації та блокування, впровадження нових систем керування доцільно підняти рівень вимог до вказаного показника на рівні 0,7-0,8 год⁻¹.

Висновки

Запропонований підхід оцінки показників функціонування систем залізничної автоматики та приладів безпеки дозволяє більш повно враховувати специфіку їх експлуатації. Зокрема, при існуючій регламентно – профілактичній системі технічного обслуговування роль людини – оператора буде відігравати значну роль і надалі. Тому використання коефіцієнту оперативної готовності для аналізу роботи підрозділів залізниці дозволить більш повно оцінити не тільки стан техніки але й

організацію праці технічного персоналу по оперативному усуненню пошкоджень.

Таблиця 1.

Чисельні значення розрахунків коефіцієнту оперативної готовності

Залізниця	Показники	Численні значення розрахунків за роками						
		2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.
Південна	$P_o(t)$	0,319	0,285	0,25	0,232	0,232	0,213	0,194
	$R(t_0)$	0,772	0,806	0,841	0,859	0,859	0,878	0,897
Придніпровська	$P_o(t)$	0,501	0,451	0,41	0,381	0,381	0,366	0,366
	$R(t_0)$	0,589	0,64	0,681	0,71	0,71	0,725	0,725

Література

1. Грунтов П.С. Автоматизированные диспетчерские центры управления эксплуатационной работой железных дорог / С.А. Бабченко, В.Г. Кузнецов и др.; под ред. П.С. Грунтова.- М.: Транспорт , 1990. – 288с.

2. Мусиенко О. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2008 році / В. Гусь, В. Крот. - Укрзалізниця. Головне управління безпеки руху та екології. 2009. – С. 3–90.

3. Дружинин Г.В. Расчеты АСУ / Г.В. Дружинин, Э.К. Лецкий, В.П. Панкратов. – М.: Транспорт , 1985. – 232с.

4. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів: ДСТУ 4178 – 2003 // Функцій на безпеку і надійність. Вимоги та методи випробувань – Київ: Держстандарт України. 2003. – 31 с.

5. Кубарев А.И. Надежность систем, оборудования и приборов бытового назначения / Е.А. Панфилов, Б.И. Хохлов. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 336 с.

6. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности / И.А. Ушаков. –Москва, 1975.

Анотації:

У статті розглянуті питання визначення показників функціональної безпеки та надійності систем залізничної автоматики та телемеханіки, застосування нестационарного комплексного коефіцієнту оперативної готовності. Такий підхід забезпечує більш повне врахування впливу людського фактору.

В статье рассмотрены вопросы определения показателей функциональной безопасности и надежности систем железнодорожной автоматики и телемеханики, использование нестационарного комплексного коэффициента оперативной готовности. Такой подход обеспечивает более полный учет влияния человеческого фактора.

The questions determine the parameters of the functional safety and reliability of railway automation and remote control, use of time-dependent complex coefficient of operational readiness. This approach provides a more complete account of the human factor.

Ключові слова: нестационарний коефіцієнт оперативної готовності, залізнична автоматика, телемеханіка, показники безпеки, відмова, час відновлення.