УДК 625.03

Штомпель А.М., Скорик О.О.

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКУ ПОЯВИ ВІДМОВИ У РОБОТІ
КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ**

Український державний університет залізничного транспорту

Харків, площа Фейєрбаха, 7, 61050

Shtompel A.N., Skorik A.A.

**METHODOLOGY OF RISK ASSESSMENT OF OCCURRENCE OF
FAILURE OF THE UPPER STRUCTURE CONSTRUCTION JOINTLESS
TRACK**

Ukrainian State University of Railway Transport

Kharkiv, Area Feuerbach, 7, 61050

Анотація. Розглядається методика оцінки ризику появи відмови у роботі конструкції верхньої будови безстикової колії.

Ключові слова: верхня будова колії, безстикова колія, напрацьований тоннаж, відмова у роботі, ризик появи відмови, інтенсивність відмов.

This work the technique of the risk assessment of occurrence of failure in the work of the top structure of continuous welded rail structure.

Keywords: track structure, jointless way, the accumulated tonnage, failure, the risk of failure, the failure rate.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Пункт 3.1 «Правил технічної експлуатації залізниць України» визначає, що усі елементи верхньої будови колії (ВБК) за станом (в межах «життєвого» циклу ВБК) повинні «забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів із швидкостями, встановленими на даній ділянці».

В процесі експлуатації (при напрацюванні тоннажу) спостерігається стійка тенденція «старіння» конструкції ВБК, в тому числі зростання відмов у роботі

елементів верхньої будови. Цьому процесу «старіння» конструкції протидіє система технічного обслуговування колії, яка передбачає поточне утримання колії (ПУК) на певній ділянці залізниці. У рамках ПУК виконуються, зокрема, роботи з ліквідації відмов елементів ВБК, які з'явилися під час функціонування конструкції колії.

Для планування ремонтно-колійних робіт при ПУК потрібно мати відповідні математичні моделі прогнозного (з урахуванням експлуатаційних умов ділянки залізниці) виходу елементів верхньої будови з ладу.

Ці моделі обумовлюють необхідність (у якості бази) існування відповідної методики оцінки ймовірності появи відмови у роботі елементів ВБК. Саме цим підтверджується актуальність питань, що розглядаються у даній статті, та їх зв'язок з практичними задачами колійного господарства.

Аналіз публікацій з даної проблеми

Питанням технічного ресурсу елементів верхньої будови безстикової колії присвячено чимало досліджень, в тому числі й роботи [1-5].

Однак, у означених роботах напряду не розглядається методика оцінки ризику появи відмови у роботі елементів ВБК в процесі експлуатації.

Мета статті полягає у встановленні методики оцінки ризику появи відмови у роботі конструкції верхньої будови безстикової колії в процесі її експлуатації при зростанні напрацьованого тоннажу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У даному дослідженні використовуються матеріали роботи [6], які стосуються технічних об'єктів, що не підлягають відновленню при виході їх у дефектні.

Поява відмови (ПВ) у роботі елементів ВБК (й конструкції в цілому) трактується як імовірнісна характеристика. Ризик ПВ залежить, зокрема, від технічного стану конструкції та умов зовнішньої дії (рухомий склад, природно-кліматичні фактори).

Подія, що розглядається як ПВ, відбувається в результаті реалізації послідовності (ланцюга, ряду) причинних подій.

У рамках статистичного підходу ПВ уявляє собою випадкову подію E^B . Випадкові події E_1 , що обумовлюють послідовність причин ПВ, розподіляються у часі.

Нижче розглядається ситуація, коли причиною ПВ має місце єдина подія E_1 (процес $E_1 \rightarrow E^B$).

Щільність розподілу ймовірності виникнення події E_1 у довільний момент часу t_1 позначається як $\gamma(t_1)$. Добуток $dp_1 = \gamma(t_1) dt_1$ дорівнює ймовірності події E_1 в інтервалі часу $[t_1, t_1 + dt_1]$. Ймовірність появи події E^B у період часу $[t, t+dt]$ внаслідок причинної події E_1 , яка мала місце у момент часу t_1 , розглядається як диференціальна за часом умовна ймовірність (ймовірність появи E^B при умові, що здійснилася подія E_1):

$$dp(E^B / E_1) = \rho^e_I(t_1, t) dt, \quad (1)$$

де $\rho^e_I(t_1, t)$ – щільність розподілу за часом ймовірності появи події E^B у момент t при умові реалізації події E_1 у певний момент часу $t_1 < t$ (при $t_1 \geq t$ формально можна вважати, що $\rho^e_I(t_1, t) = 0$).

Ймовірність події E^B у період $[t, t+dt]$ у наслідок події E_1 (на інтервалі часу $[t_1, t_1+dt_1]$ з ймовірністю dp_1) дорівнює

$$d^2p(t, t+dt) = dp_1 dp(E^B / E_1) = \gamma(t_1) \rho^e_I(t_1, t) dt_1 dt. \quad (2)$$

Після інтегрування виразу (2) по змінній t_1 на інтервалі $(-\infty, t)$ знаходиться ймовірність виникнення події E^B у період часу $[t, t+dt]$ при реалізації E_1 у будь якій точці інтервалу $(-\infty, t)$:

$$dp(t, t+dt) = dt \int \gamma(t_1) \rho^e_I(t_1, t) dt_1. \quad (3)$$

Ризик появи відмови E^B у момент часу t у наслідок причинної події E_1 визначається відношенням ймовірності (3) до величини інтервалу dt :

$$r_{1B}(t) = dp(t, t+dt) / dt = \int \gamma(t_1) \rho^e_I(t_1, t) dt_1. \quad (4)$$

Змінивши у виразі (4) функцію $\rho^e_I(t_1, t)$ на константу по аргументу t_1 ефективною величиною $\rho^e_I(t)$, яка не впливає на значення інтегралу (4), маємо

$$r_{1B}(t) = \rho^e_I(t) \int \gamma(t_1) dt_1 = p_I(t) \rho^e_I(t), \quad (5)$$

де $p_I(t)$ – ймовірність появи події E_1 до моменту t , тобто в межах інтервалу $(-\infty, t)$.

Функція $\rho^e_i(t)$ зображує ймовірність появи відмови E^B за одиницю часу на момент t (при реалізації E_1 до моменту t).

Теорія ризиків має прямий зв'язок з теорією надійності технічних систем (об'єктів). Остання описує з позицій теорії ймовірності відмови технічних систем в процесі їх функціонування й застосовується, зокрема, у залізничній галузі.

Для оцінки надійності об'єкта, який не підлягає відновленню, використовуються відповідні ймовірнісні характеристики випадкової величини – напрацювання об'єкту (пропущений тоннаж у млн. т брутто) від початку його експлуатації до моменту появи відмови.

До показників надійності невідновлювального об'єкта, зокрема, відносяться

ймовірність появи відмови об'єкта

$$F(t) = r(t_i) / N_0, \quad (6)$$

де N_0 – загальна кількість елементів (i -го виду) на початок експлуатації;

$r(t_i)$ – кількість відмов елементів (i -го виду) за час t_i ;

інтенсивність появи відмови об'єкта

$$\lambda(t) = n_i / [N(t_i)\Delta t], \quad (7)$$

де n_i – кількість відмов елементів (i -го виду) на інтервалі часу Δt ;

$N(t_i)$ – кількість елементів (i -го виду), які відпрацювали без відмови за час t_i .

У разі, коли визначається інтенсивність ПВ об'єкта на нескінченно малому інтервалі часу $[t, t+dt]$, вираз (7) зображує диференціальну ймовірність відмови i -го виду й має наступний вид

$$\lambda(t_i) = dp_i(t, t+dt) / dt. \quad (8)$$

Порівняння формул (4) та (8) свідчить, що параметри $r_{1B}(t)$ і $\lambda(t)$ співпадають. Іншою мовою – ризик та інтенсивність появи відмови об'єкта – одна й та ж величина, яка застосовується у теорії надійності і теорії ризиків під різними назвами.

Висновки з даного дослідження:

- запропонована методика оцінки ризику появи у роботі невідновлювальних елементів конструкції верхньої будови безстикової колії в процесі її експлуатації;

- означена методика може бути застосована при визначенні обсягів робіт по заміні дефектних елементів безстикової колії у рамках системи її технічного обслуговування.

Література

1. Штомпель А.М. Сучасні обсяги залізничних перевезень та їх вплив на умови роботи конструкції колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции "Современные направления теоретических и прикладных исследований '2011". Том 1. Транспорт.- Одесса: 2011. - С.27-32.

2. Штомпель А.М. Експлуатаційний вантажообіг на залізницях України у 2008-2011 роках та його вплив на конструкцію залізничної колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2011". Выпуск 4 Том 3. - Одесса: Черноморье, 2011. - номер ЦИТ: 411-0360 - С.67-70

3. Штомпель А.М. Технічний ресурс елементів верхньої будови безстикової колії при зростанні обсягів перевезень [Текст] / А.М.Штомпель // Збірник наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2011.- Вип. 124.- С.126-130.

4. Штомпель А.М. Працездатність щебеневого баласту в процесі експлуатації безстикової колії [Текст] / А.М.Штомпель, В.В.Тертичний, С.В.Хоруженко // Збірник наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2013.- Вип. 135.- С.304-308.

5. Штомпель А.М. Обсяги залізничних перевезень та вихід у дефектні елементів верхньої будови безстикової колії [Текст] / А.М.Штомпель, Б.В.Носенко, Т.Ю.Стомін // Научный взгляд в будущее. – Выпуск 2 (2). Том1.- Одесса: Куприенко СВ, 2016 – ЦИТ:n216-123 С.72-75.

6. Нестеров В.Л. Методика оценки рисков чрезвычайных происшествий на транспорте [Текст] / В.Л. Нестеров, В.И.Радченко, Е.А.Русакова // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения, 2009. - №3-4. С. 23-32.