

УДК 625.1-027.45

І. О. БОНДАРЕНКО – к. т. н., доцент, каф. «Колія та колійне господарство»,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.  
Лазаряна, вул. Лазаряна, irina\_bondarenko@ua.fm

## ОСОБЛИВОСТІ, ЯКІ НЕОБХІДНО ВРАХОВУВАТИ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СТАНУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

*Статтю представил д. т. н., проф. В. Д. Петренко*

### Надійність колії як складова залізничної системи

Мета залізничної системи – досягти певного рівня залізничних перевезень у встановлений термін безпечним чином. Сформовані єдині підходи підвищення рівня безпеки руху поїздів, професор М. В. Лисенков поєднав у чотири групи.

До першої віднесено методи, що запобігають виникненню небезпечних помилок технічного персоналу та відмов технічних пристроїв на етапі підготовки (персонал) або проектування (технічні пристрої).

Друга група – методи парирования небезпечних помилок та відмов. До них відносяться системи: автоблокування, дефектоскопії рейок, контролю геометричних параметрів рейкової колії та ін. Функціонування цих систем направлено на виявлення небезпечних помилок персоналу та відмов технічних пристроїв.

Третя група методів пов'язана зі зниженням впливів виникнення факторів, що вражають (механічні впливи елементів рухомого складу та ін.) на пасажирів, технічний персонал та вантажі шляхом запобігання або зниження цього впливу.

До методів четвертої групи, що дозволяють захист вантажів, що перевозяться від впливу вражаючих факторів, наприклад, методи захисту днищ котлів цистерн.

Надійність колії характеризує її здатність забезпечити безперервний пропуск поїздів з установленою швидкістю у заданих умовах експлуатації, поточного утри-

мання та й ремонтів. Надійність є комплексною властивістю, яка в залежності від призначення об'єкту та умов його застосування може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, зберезуваність або певне поєднання цих властивостей.

Функціональна безпека залізничної колії характеризує її здатність забезпечувати безперебійний пропуск поїздів безпечно, тобто без виникнення небезпечний відмов. Функціональна безпека розглядає небезпечні відмови виходячи зі структурно-технічних особливостей залізничної колії, комплексу заходів, що направлені на забезпечення безпеки, а також впливу людського фактору.

Технічне поняття надійності основане на знаннях:

- 1) безвідмовності з точки зору:
  - всіх можливих видів системних відмов в залежності від особливостей застосування та зовнішнього середовища;
  - ймовірності виникнення кожної відмови або, як альтернатива, інтенсивності виникнення кожної відмови;
  - вплив відмови на функціональні можливості системи;
- 2) ремонтпридатності з точки зору:
  - часу виконання запланованого технічного обслуговування;
  - часу виявлення, розпізнавання та локалізації несправностей;
  - часу відновлення системи що відмовила (позапланове технічне обслуговування);

- 1) довговічності з точки зору:
  - критеріїв граничного стану системи;
  - середнього терміну служби системи;
- 2) експлуатації та технічного обслуговування з точки зору:
  - усіх можливих режимів експлуатації і необхідності технічного обслуговування в процесі життєвого циклу системи;
  - питань людського фактору.

Технічне розуміння безпеки засноване на знанні:

1) всіх можливих небезпечних ситуацій в системі при всіх режимах експлуатації, технічного обслуговування і зовнішнього середовища;

2) характеристики кожної небезпечної ситуації з урахуванням тяжкості наслідків;

3) безпеки і відмов, пов'язаних з безпекою з точки зору:

- усіх видів системних відмов, які можуть призвести до небезпечної ситуації (види відмов, пов'язані з безпекою). Це підмножина всіх видів відмов, що відносяться до безвідмовності;
- імовірності виникнення кожного виду системної відмови, пов'язаної з безпекою;
- послідовності та / або збігу подій, відмов, експлуатаційних станів, умов середовища і т.д. в процесі застосування, які можуть привести до аварії (тобто до небезпечної ситуації, яка призводить до аварії);
- імовірності виникнення кожної з подій, відмов, експлуатаційних станів, умов середовища і т.д. в процесі застосування;

4) ремонтпридатності частин системи, пов'язаних з безпекою, з точки зору:

- зручності проведення технічного обслуговування тих сторін, частин або компонентів системи, які пов'язані з небезпечними ситуаціями або видами відмов, пов'язаних з безпекою;
- імовірності виникнення помилок при проведенні технічного обслуговування частин системи, пов'язаних з безпекою;

- часу відновлення системи до стану, що відповідає правилам безпеки;

5) експлуатація та технічне обслуговування частин системи, пов'язаних з безпекою, з точки зору:

- впливу людського фактору на ефективність технічного обслуговування всіх частин системи, пов'язаних з безпекою, і на безпечну експлуатацію системи;
- застосування засобів, устаткування і заходів для ефективного технічного обслуговування частин системи, пов'язаних з безпекою, а також для безпечної експлуатації;
- ефективного контролю та заходів для усунення небезпечної ситуації та зменшення її наслідків.

До показників надійності залізничної колії відносяться:

- 1) параметри показника безвідмовності:
  - середнє напрацювання на відмову;
  - параметр потоку відмов знову введеної залізничної колії;
  - параметр потоку відмов після проведення запланованого ремонту;
  - імовірність безвідмовної роботи;
  - імовірність відмов;
  - імовірність перед відмов;
- 2) параметри показника ремонтпридатності:
  - середній час простою;
  - середній час до відновлення;
  - середнє напрацювання між видами планово-попереджувальним технічним обслуговуванням;
  - середнє напрацювання між видами планових ремонтів;
  - середня тривалість технічного обслуговування даного виду;
  - середня тривалість ремонту даного виду;
  - середня сумарна тривалість технічного обслуговування;
  - середня тривалість ремонту;
  - питома сумарна тривалість технічного обслуговування;
  - питома сумарна тривалість ремонту;

- середня трудомісткість технічного обслуговування даного виду;
- середня трудомісткість даного ремонту;
- середня сумарна трудомісткість технічного обслуговування;
- середня сумарна трудомісткість даного ремонту;
- питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування;
- питома сумарна трудомісткість даного ремонту;

3) параметри показника довговічності:

- середній термін служби;
- гама-процентний термін служби;
- середній ресурс;
- гама-процентний ресурс;

4) комплексні показники :

- коефіцієнт готовності;
- коефіцієнт оперативної готовності;
- коефіцієнт технічної готовності;
- коефіцієнт простою.

До показників функціональної безпеки залізничної колії відносяться: середнє напруження до небезпечної відмови; інтенсивність небезпечних відмов; імовірність безпечної роботи; імовірність небезпечної відмови; середній час повернення до безпечного стану.

Таким чином, надійність колії та її безпека пов'язані між собою, та повинні базуватись на одних теоретичних засадах. Та враховуючи, що функціональна безпека є складовою надійності колії, повинно мати нормативні критерії, що поєднують між собою технічні, організаційні та економічні аспекти. Методологічну систему стосовно роботи колії необхідно створювати тільки при розгляді взаємодії надійності, безпеки і вартості життєвого циклу деформативної роботи колії.

#### **Аналіз існуючих методів оцінки стану залізничної колії в Україні за показниками надійності**

Надійна робота колії передбачає сумісну надійну роботу конструкції колії, технічних пристроїв і технічного персоналу, що вико-

нує контроль та виконання робіт. Весь процес надійної роботи колії відповідає нормативно-правовим, організаційно-розпорядним, організаційно-технологічним та технічним вимогам.

Надійна робота конструкції колії передбачає як надійну роботу кожного елемента окремо, так і надійну роботу системи з цих елементів. Тобто, необхідно на базі норм стосовно стану кожного елемента мати базу норм стосовно стану системи з цих елементів, яка є базою для розробки критеріїв, дотримання яких забезпечують надійну роботу колії. І як зазначено в [1] забезпечити справний стан колії, який задовольняє вимогам [2].

Таким чином, щоб провести аналіз існуючих методів оцінки стану залізничної колії необхідно проаналізувати нормативну базу елементів колії, нормативну базу рейко-шпальної решітки, нормативну базу конструкції колії як системи та розглянути критерії, що встановлюють стан елементів колії, рейко-шпальної решітки та конструкції колії як системи.

Але жоден норматив, що стосується залізничної колії не містить поняття стану з точки зору надійності. Є поняття стану за показниками коліє вимірної стрічки.

Технічно стани елементів колії описані для рейок у [1, 3, 4], для скріплень - [1, 5, 6], для шпал - [1, 5, 7], для баластного шару - [1, 8, 9], для земляного полотна [2, 3, 9...13].

Але залежно від швидкостей руху змінюються вимоги до елементів стосовно станів, тобто, наприклад, вимоги до працездатного стану колії за станом рейок для першої категорії відрізняється від працездатного стану колії для тієї ж категорії при швидкостях руху 101...120, 121...140, 141...160, 161...200 км/год. Справний стан колії за станом рейок для першої категорії відрізняється від справного стану п'ятої категорії так як при першій категорії колії укладаються нові рейки, а при п'ятій – старо-придатні.

Таким чином, необхідно чітко класифікувати стани колії за станами елементів колії та за показниками колієвимірної стрічки.

Окрім того, в нормативній літературі існує проблема з визначенням стану земляного полотна, так як застосований термін «здорове» земляне полотно відповідає модулю пружності підрейкової основи значенням 50 МПа влітку та 75...80 МПа взимку, які застосовано: при визначенні напружень в елементах колії [14]; при розрахунках умов укладання рейкових плітей безстикової колії [15]; при визначенні допустимих швидкостей руху [16]; при визначенні епюри шпал в конструкції колії [9].

Таким значенням модуля пружності залізнична колія відповідає, якщо її ділянки розташовані на земляному полотні з модулем деформації більше ніж 40 МПа, тобто, земляне полотно складається або зі скельних ґрунтів, або з сухих, ущільнених за нормами [2]: супісків; легких суглинків; середніх глин; важких глин.

В інших випадках, модуль пружності не відповідає вхідним умовам зазначених розрахунків.

Таким чином, щоб виконати умови міцності та стійкості необхідно привести стан колії до виконання умов ПТЕ (нормувати жорсткість колії як це застосовано на залізницях Європи, Японії та Америки).

Значення фактичного модуля пружності підрейкової основи колії в літку для конструкцій, зазначених в [9], коливається в межах 7,4...69,6 МПа.

Значення середнього модуля пружності приблизно 27 МПа. Необхідно розуміти, що це майже у два рази (1,85) нижче, ніж потрібно за вихідними умовами, тому наслідками будуть збільшення коливань колії під впливом рухомого складу, в середньому, в вертикальній площині на 67%, і в горизонтальній – на 24%.

Таким чином, враховуючи зазначене, забезпечити безвідмовність колії на рівні, що

встановлено за критеріями [9] при зазначеному в них ресурсі (пропущеному тоннажі, або кількості років) між модернізаціями, посиленними капітальними та капітальними ремонтами без додаткових вкладень, не передбачених міжремонтними схемами та поточним утриманням, не можливо.

Для недопущення надмірних силових дій на колію, тобто, при виконанні умов утримання колії і рухомого складу в справному та несправному, але працездатному стані не було додаткових силових впливів в системі колія-екіпаж-колія, лише можливо при умові рівно пружності колії. Таким чином, необхідно, щоб навіть у несправному стані, жорсткість колії була на одному рівні по своєму протязі, і не мала через це додаткові поштовхи від рухомого складу.

З цією причиною при впровадженні швидкісного та високошвидкісного руху пропонують впоратись тільки за рахунок розділення потоків поїздів. Так, враховуючи різний вплив на колію вантажних та пасажирських поїздів: при перших коливання більш амплітудні з меншою частотою на малій відстані – короткі хвилі з великою амплітудою, при других вібраційні (менш амплітудні та з більшою частотою) на великих довжинах – довгі хвилі з маленькими амплітудами, - це дасть ефект, який не значно вплине на показники надійності безвідмовності та довговічності без усунення основної причини – накопичення залишкових деформацій при експлуатації не міцної, не стійкої, не рівнопружної колії.

Також вважається, що розподілення потоків поїздів призведе до утримання встановлених нормативів по розмірах та геометричних окресленнях колії в межах допустимих значень протягом тривалої експлуатації, тобто, дотримання колії в працездатному стані з максимальним значенням коефіцієнта технічного використання колії.

Але запропонований захід зніме проблему тільки частково. Так як при не дотриманні умов міцності, стійкості та надій-

ності колії потрібно змінювати технологію поточного утримання колії, а саме вилучення будь-яких робіт, що передбачають локальну підбивку колії, так як ці роботи передбачають зменшення пружності колії до проходу 140 млн. т. км. бр: при пропущеному тоннажі до 25 млн. т. км. бр шпалопідбійками на 50...60%, а машинами на 0,35...0,25%, при пропущеному тоннажі 26-140 млн. т. км. бр - на 25...20%, що сприяє збільшенню інтенсивності локальних залишкових деформацій, які суперечать вимозі по недопущенню надмірних силових дій на колію та відповідності умовам міцності і стійкості на тривалий період експлуатації.

Таким чином, необхідно встановити стани колії земляного полотна та пов'язати зі станами колії.

Окрім того, при відновленні стану земляного полотна необхідно ввести норми стосовно пружності залізничної колії. Без введення таких норм неможливе визначення параметрів захисних шарів, за допомогою яких можливе відновлення стану земляного полотна [17, 18].

І ще є один надзвичайно важливий фактор, який необхідно враховувати: це відсутність паспортизації земляного полотна. Враховуючи, що земляне полотно було споруджено біля 150 років тому і відновлення водовідвідних споруд не проводилось за визначеними нормами, його стан потребує негайного відновлення. Але без знань стосовно складових конструкції земляного полотна, тобто з яких шарів ґрунту воно побудовано, не можливе встановлення способу його відновлення.

### Висновки

Одним з нових аспектів процесу взаємодії колії та рухомого складу є рішення задач надійності та функціональної безпеки колії. Враховуючи, що українські залізниці не мають нормативних документів із цих сфер, напрямок досліджень є актуальним.

Аналіз нормативної бази з нормативно-технічною та конструкторською докумен-

тацією залізничної колії та її елементів допоміг визначитись з необхідністю введенням нормативу стосовно жорсткості залізничної колії; на основі попереднього пункту розглянути процес відновлення земляного полотна з точки зору встановлення його рівнопружності; необхідністю встановлення технічних станів конструкції колії для розробки класифікації станів надійності залізничної колії;

Загальні матеріали, що наведені в статті дають змогу перейти до встановлення характеристик функціональної надійності колії.

### Бібліографічний список

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП-0269 [Текст] / Наказ Мін. інфраструкт. України від 01 березня 2012 р. № 072-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2012. – 456 с.
2. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту залізничної колії 1520 мм. [Текст] – Введ. 2008–01–26. – К. : Видавництво Міненергобуд, 2008. – 151 с.
3. Державний стандарт України ДСТУ 4344:2004 Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови [Текст]; надано чинності 2005-10-01. – К. : Держстандарт України, 2005. – 71 с.
4. Класифікація та каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів на залізницях України. Класифікація та каталог дефектів і пошкоджень рейок на залізницях України ЦП-0284 [Текст] / Наказ Мін. інфраструкт. України від 27 лютого 2013 р. № 050-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2013. – 194 с.
5. Технічні вказівки щодо проведення вхідного контролю приймання матеріалів верхньої будови колії ЦП-0192 [Текст] / Наказ Мін. інфраструкт. України від 16 серпня 2008 р. № 328-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2008. – 90 с.

6. Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65 ЦП-0199 [Текст] / Наказ Мін. інфрастркт. України від 10 грудня 2008 р. № 534-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2009. – 44 с.
7. ГОСТ 78-2004. Шпалы деревянные для железных дорог рельсовой колеи [Текст]. – Введ. 2004–05–26. – М. : Издво стандартов, 2004. – 8 с.
8. ГОСТ 7392-85. Щебень из природного камня для балластного слоя железнодорожного пути [Текст]. – Введ. 1986–01–01. – М. : Издво стандартов, 1986. – 8 с.
9. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України ЦП-0113 [Текст] / Наказ Мін. трансп. та зв'язку України від 10 серпня 2004 р. № 630-ЦЗ. – К. : Мін. трансп. та зв'язку України, Укрзалізниця. – 2004. – 32 с.
10. СН 449-72 Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог [Текст]. – Введ. 1972–12–29. – М. : Издво стройиздат, 1983. – 114 с.
11. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация [Текст]. – Введ. 1995–04–19. – М. : Издво стандартов, 1995. – 32 с.
12. Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії ЦП-0204 [Текст] / Наказ Укрзалізниці від 25 грудня 2008 р. № 557-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2008. – 44 с.
13. Інструкції з утримання земляного полотна залізниць України ЦП-0072 [Текст] / Наказ Укрзалізниці від 08 травня 2001 р. № 256-Ц. – К. : Мінтрансп. і зв'язку України, Укрзалізниця. – 2001. – 104 с.
14. Даніленко, Е. І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість. ЦП-0117 [Текст] / Е. І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
15. Патласов, О.М. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст]./ В.В. Рибкін, О.М. Патласов, О.І. Белорусов та інш. (ЦП-0266) К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс». – 2012. – 150 с.
16. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм ЦП-0235 [Текст] / Наказ Укрзалізниці від 14 грудня 2010 р. № 778-Ц. – К. : Мін. інфраструктури України, Укрзалізниця. – 2010. – 53 с.
17. Бондаренко, І. О. Рекомендації щодо проектування конструкції нижньої будови колії [Текст] / І. О. Бондаренко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 36. – С. 100–103.
18. Бондаренко, І. О. Щодо забезпечення якості проектування конструкції земляного полотна залізничної колії [Текст] / І. О. Бондаренко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 37. – С. 120–123.

**Ключові слова:** земляне полотно, стан надійності колії, технічний стан колії, елементи колії, конструкція колії, нормативно-технічна та конструкторська документація, норми улаштування та утримання.

**Ключевые слова:** земляное полотно, состояние надежности пути, техническое состояние пути, элементы пути, конструкция пути, нормативно-техническая и конструкторская документация, нормы устройства и содержания.

**Keywords:** roadbed, state path reliability, technical condition the way the elements of the path, the path construction, regulatory, technical and design documentation, unit standards and content.

Надійшла до редколегії 16.10.2014 р.

