УДК 625.031 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.162.2016.78310

ПЛАНУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТА ОБСЯГІВ КОЛІЙНИХ РОБІТ НА ПІДСТАВІ ДАНИХ ВАГОНІВ-КОЛІЄВИМІРЮВАЧІВ

Кандидати техн. наук Д. О. Потапов, В. Г. Вітольберг, магістрант О. В. Падалка

ПЛАНИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ И ОБЪЕМОВ ПУТЕВЫХ РАБОТ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ВАГОНОВ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЕЙ

Кандидаты техн. наук Д. А. Потапов, В. Г. Витольберг, магистрант А. В. Падалка

PLANNING INTERVALS AND SCOPE TRACK WORKS BASED ON DATA FROM CARS TRACK GEOMETRY CAR

PhD, Associated Professor D.O. Potapov, V.G. Vitolberg, mag. O.V. Padalka

Запропонована методика для визначення обсягів та періодичності проведення планово-попереджувальних колійних робіт з поточного утримання колії. В основу методики закладено використання закону нормального розподілу частоти та глибини відповідної геометричної нерівності залізничної колії.

Ключові слова: *залізнична колія, вагон-колієвимірювач, поточне утримання.*

Предложена методика для определения объемов и периодичности проведения планово-предупредительных путевых работ по текущему содержанию. В основе методики лежит использование нормального закона распределения частоты и глубины соответствующей геометрической неровности железнодорожного пути.

Ключевые слова: *железнодорожный путь, вагон-путеизмеритель, текущее содержание.*

The frequency and volume of planned - preventive work depends on many factors: the type and structure of the upper structure, plan and profile of the way, the quality of track, operational, climatic and topographic conditions. At the same time for each type of work, these factors influence differently. Besides the factors are unstable and path length. Therefore, under different operating conditions the frequency and volume of track works on the current maintenance of different ways.

Because the current in the regulatory, technical and domestic scientific sources there are no requirements for areas of high-speed traffic on the railways of Ukraine, there is a problem in monitoring the state of the path to the data of operating conditions.

The method for determining the volume and frequency of the planned preventive works on current travel content. The method is based on the use of the normal law of frequency distribution and the depth of the respective geometrical irregularities of the railway track The maximum effect of the proposed method can be achieved through the use of modern-track geometry car wagons with an automated system to collect and decode the information, which the vast majority are used in areas of high-speed movement.

Keywords: *railwaytrack, train-track geometry car, the track maintenance.*

Вступ. Системою ведення колійного господарства передбачається періодична перевірка стану залізничної колії вагонами-колієвимірювачами. Колієвимірювальний вагон забезпечує вимірювання і реєстрацію на стрічці геометричних параметрів

рейкової колії, які впливають на плавність на безпеку руху поїздів. До параметрів стану рейкової колії, що вимірюються і реєструються колієвимірювачами, належать: взаємне положення рейкових ниток за висотою (рівнем), місцеві осідання (горби і западини) кожної рейкової нитки, ширина колії, положення рейкових ниток за напрямком у плані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Періодичність та обсяги планово-попереджувальних робіт залежать від багатьох факторів [10]: типу і конструкції верхньої будови, плану та профілю колії, якості утримання колії, експлуатаційних, кліматичних та топографічних умов. При цьому на кожний вид робіт ці фактори впливають по-різному. Крім цього самі фактори непостійні і по довжині колії. Тому при різних умовах експлуатації періодичність та обсяги колійних робіт з поточного утримання колії різні.

Оскільки, згідно з [1-3], на даний час в нормативно-технічних та вітчизняних наукових джерелах відсутні вимоги щодо ділянок швидкісного руху на залізницях України, виникає проблема в організації контролю за станом колії в даних експлуатаційних умовах.

Визначення мети та задачі досліджень. Метою статті є запропонувати методику, згідно з якою з'явиться можливість прогнозувати зміну стану основних геометричних характеристик рейкової колії, що в подальшому дозволить раціонально планувати терміни проведення колійних робіт з поточного утримання, особливо на перспективних ділянках впровадження швидкісного руху.

Основна частина. Згідно з [1-3], в основу оцінки геометричного положення рейкової колії покладено вплив відступів від норм утримання на динамічні показники взаємодії колії і рухомого складу.

Кожний відступ має свій ступінь впливу на динамічну взаємодію колії і рухомого складу та на інтенсивність накопичень залишкових деформацій колії. Встановлено п'ять ступенів для всіх відступів від норм утримання рейкової колії залежно від їхньої величини і довжини. Залежно від ступеня кожний відступ оцінюється в балах.

До I-III ступенів належать відступи, при яких забезпечуються безпека і плавність руху поїздів, а також економічно раціональна робота колії під час руху поїздів зі встановленими швидкостями.

До IV ступеня належать відступи, за наявності яких при установлених швидкостях погіршується плавність руху поїздів, що призводить до інтенсивного накопичення залишкових деформацій колії.

До V ступеня належать відступи, за наявності яких зростають сили взаємодії коліс і рухомого складу до таких критичних значень, які за несприятливих умов можуть призвести до дуже швидкого накопичення деформацій і до виникнення загрози безпеки руху. За відступи II-V ступенів нараховуються штрафні бали.

У зв'язку з підвищеним динамічним впливом [7, 8] рухомого складу на колію в місцях відступів V ступеня, а також при сполученнях кількох відступів III-V ступенів (перекосів, осідань, відступів в плані) при виявленні таких місць необхідно негайно вжити заходів щодо їх усунення.

Відомо [4, 5], що після виконання ремонтних робіт залізнична колія у вертикальній та горизонтальній площині являє собою нерівність з різною величиною довжини і глибини. В основу методики закладено підпорядкованість закону розподілу геометричних нерівностей нормальному закону розподілу із середнім значенням H та середньоквадратичним відхиленням σ.

Згідно з [6], середнє значення статистично можна визначити так:

$$H = \frac{h_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \qquad (1)$$

де h_i - відповідна геометрична нерівність залізничної колії;

n_i - частота нерівності.

Середньоквадратичне відхилення можна визначити так:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(h_i - H)^2 \cdot n_i}{n_i}} . \qquad (2)$$

На початковій стадії своєї роботи нерівності колії будуть знаходитись у межах встановлених норм, як правило, першого ступеня, із середнім значенням відступу від нормативного значення $-H_0$ та середньоквадратичним відхиленням $-\sigma_0$.

Під час експлуатації (рис. 1) відбувається поступова зміна зазначених вище двох параметрів геометричних нерівностей залізничної колії. Поступово змінюється середнє значення H_0 та σ_0, і після пропуску певного тоннажу ці два параметри вже будуть знаходитися у межах якогось ступеня несправності, що у свою чергу буде вимагати виконання колійних робіт з усунення цих несправностей.

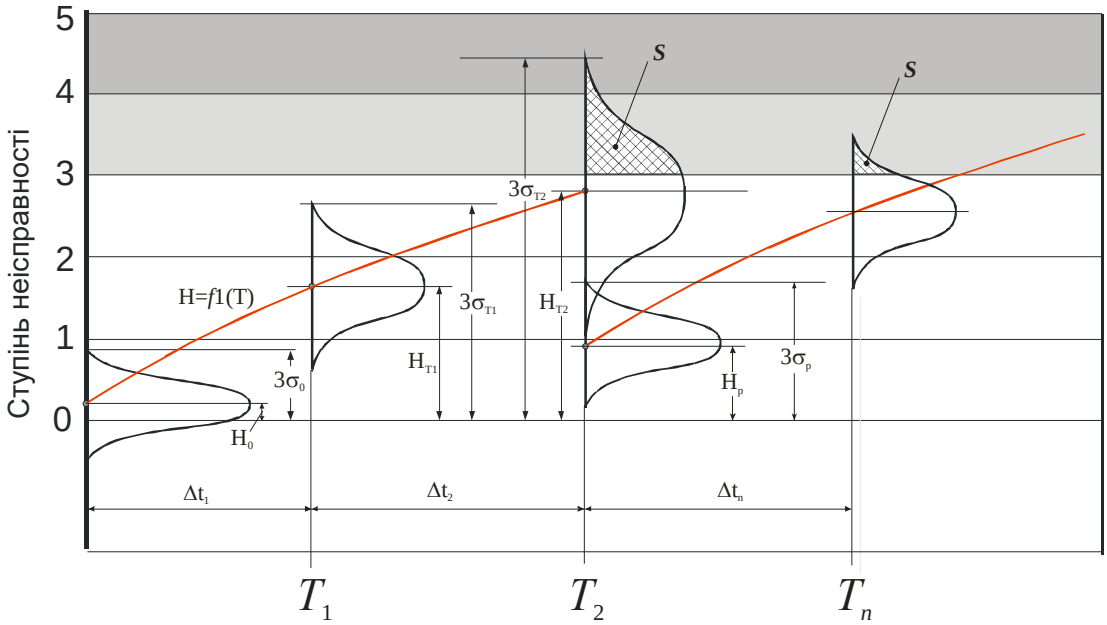

Рис. 1. Розрахункова схема для визначення обсягів та періодичності проведення колійних робіт з поточного утримання колії

Виходячи з рис. 1 основними критеріями для проведення колійних робіт є наявність несправностей або відступів III ступеня і вище, площа S – не що інше, як прогнозований обсяг колійних робіт.

Середнє значення H для будь-якого пропущеного тоннажу можна подати у вигляді виразу

$$H_T = f1(T) . \qquad (3)$$

Функція $f(T)$ залежить від багатьох експлуатаційних факторів і, що головне, від виду геометричних нерівностей (положення за рівнем, просадки, ширини колії, рихтування).

Аналогічно можна записати і для середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_T = f2(T) . \qquad (4)$$

Для перспективного планування періодичності виконання та обсягів колійних робіт слід визначати закон зміни середнього значення H та середньоквадратичного відхилення σ в залежності від пропущеного тоннажу для кожного із геометричного параметра залізничної колії для конкретної ділянки залізничної колії.

Відомо [6, 10], що у загальному вигляді нормальний закон розподілу можна подати так:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2 \cdot \sigma^2}}, \qquad (5)$$

де σ - середньоквадратичне відхилення;

$\bar{x}$ - середнє значення параметра;

x_i - поточне значення параметра.

Спираючись на вирази (1), (2), на підставі даних проходу вагонів-колієвимірювачів є можливість розраховувати два основних параметри закону нормального розподілу. Наприклад, на рис. 2 наведені криві нормального розподілу за шириною колії для однієї з ділянок Харківської дистанції колії.

Згідно з рис. 1, площа S являє собою прогнозний обсяг колійних робіт, який можна визначити так:

$$S = \int_{d_{III-IV}}^{H_T + 3 \cdot \sigma_T} \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_T} \cdot e^{-\frac{(h - H_T)^2}{2 \cdot \sigma_T^2}}, \qquad (6)$$

де d_{III-IV} – чисельне значення III ступеня відступу для відповідної геометричної характеристики залізничної колії;

H_T, σ_T – поточне значення середнього значення та середньоквадратичного відхилення відповідної геометричної характеристики залізничної колії.

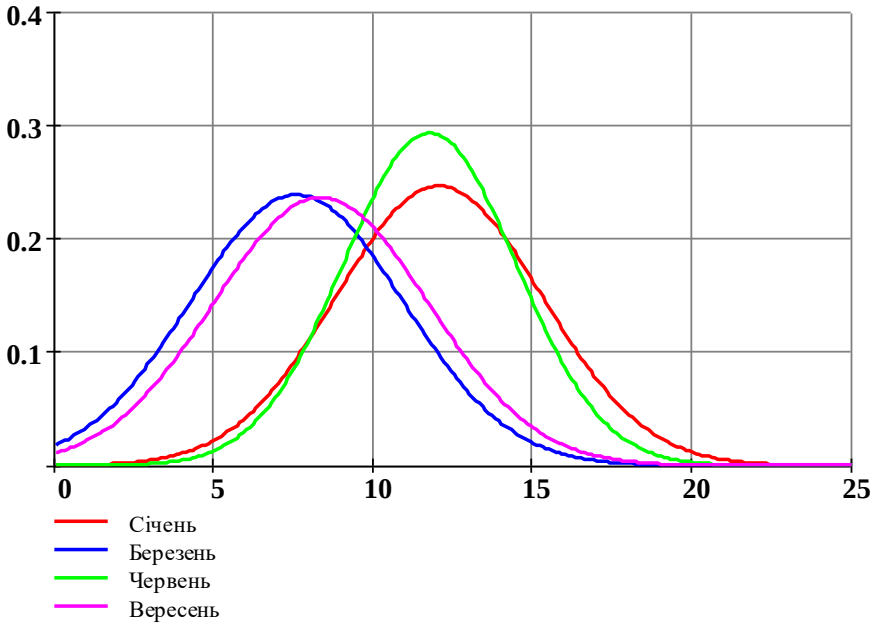

Рис. 2. Криві нормального розподілу ширини колії

Спираючись на отримані залежності середнього значення та середньоквадратичного відхилення від пропущеного тоннажу для певного проміжку часу, можна записати

$$H_T = H_{T-1} + f_1(T), \qquad (7)$$

де H_T - середнє значення відповідної геометричної нерівності залізничної колії;

H_{T-1} - попереднє середнє значення відповідної геометричної нерівності залізничної колії;

ΔT - пропущений тоннаж;

аналогічно для середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_T = \sigma_{T-1} + f_2(t). \quad (8)$$

Відомо [3], що основним із критеріїв проведення колійних робіт є наявність несправностей III ступеня і вище, а виходячи із забезпечення безпеки руху поїздів зі встановленими швидкостями – відсутність несправностей IV, і, що головне, V ступеня, тобто

$$H_T + 3 \cdot \sigma_T < d_{III}; \quad (9)$$

$$H_T + 3 \cdot \sigma_T < d_{IV}; \quad (10)$$

$$H_T + 3 \cdot \sigma_T < d_V. \quad (11)$$

Формули (9-11) є основними критеріями для визначення періодичності проведення колійних робіт. При перевищенні відповідних граничних значень обсяг колійних робіт можна визначати за формулою (6).

Висновки з дослідження. Запропонована методика для прогнозування термінів проведення та обсягів планово-запобіжних колійних робіт з поточного утримання колії. Максимальний ефект від запропонованої методики можливо досягнути за рахунок використання сучасних вагонів-колієвимірювачів з автоматизованою системою збору та розшифровки інформації, які в переважній більшості використовуються на ділянках швидкісного руху.

Список використаних джерел

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2003.
2. Інструкція з улаштування та утримання колій залізниць України [Текст]. ЦП-0269. – К., 2012.
3. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірювальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії [Текст] ЦП-0267. – К., 2012.
4. Даніленко, Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом [Текст] : підруч. для вищих навч. закл. (у 2-х т.) / Е.І. Даніленко. – К.: Інперс, 2010. – Т. І. – 528 с.
5. Bogacz R., Konowrocki R. On new effects of wheel-rail interaction //Archive of Applied Mechanics. – 2012. – Т. 82. – №. 10-11. – С. 1313-1323
6. Korn G., Korn T. Mathematical handbook for scientists and engineers [Текст]// McGraw-Hill Book Company, London, 1968.– 832 p.
7. Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986. – 599 с.
8. Даренський, О. М. Умови контактування коліс і рейок в горизонтальній площині. Силові і кінематичні зв’язки екіпажу і колії [Текст] / О. М. Даренський // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – С. 171-177.
9. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [Текст]: ЦП-0285. – К.: Видавництво ТОВ «Девалта», 2015. – 48 с.

10. Бусленко, Н. П. Метод статических испытаний [Текст] / Н. П. Бусленко, Ю. А. Шрейдер. – М.: ГИФМЛ, 1961. – 216 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Даренський

Потапов Дмитро Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-60. E-mail. ppx-xiit@kart.edu.ua.
Вітольберг Володимир Геннадійович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-60.
Падалка Олександр Валерійович, магістрант ІППК. Тел.: (066) 062-71-79.

Potapov Dmytro Oleksandrovych, PhD, Associated Professor of Track and Track Facilities Department Ukraine State of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-60.
Vitolberg Volodymyr Gennadiyovich PhD, Associated Professor of Track and Track Facilities Department Ukraine State of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-60.
Padalka Oleksandr Master of Training Institute. Tel.: (066) 062-71-79.

Стаття прийнята 15.06.2016 р.