

УДК 625.033

*Канд. техн. наук А.М. Штомпель,  
В.В. Тертичний, С.В. Хоруженко*

## **ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЩЕБЕНЕВОГО БАЛАСТУ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ**

*Представив д-р техн. наук, професор А.А. Пługін*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Конструкція залізничної колії (ЗК) функціонує в умовах силового навантаження з боку рухомого складу. Рівень цього навантаження суттєво впливає на роботу конструкції ЗК й обумовлює зміну її технічного стану в процесі експлуатації. При напрацюванні тоннажу спостерігається стійка тенденція погіршення технічного стану конструкції ЗК через накопичення в ній залишкових деформацій, що призводить до зниження рівня безпеки руху поїздів.

У той же час зміст п. 3.1 [1] визначає, що "усі елементи залізничної колії... за ... станом мають забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів із швидкостями, встановленими на даній ділянці ", тобто конструкція ЗК повинна бути надійною протягом усього її «життєвого» циклу, у

тому числі й при зростанні обсягів перевезень.

Безстикова колія на залізобетонних шпалах є основною конструкцією верхньої будови на залізницях України. На поточний момент її протяжність складає понад 70 % розгорнутої довжини головних колій.

Конструкція безстикової колії (БК) складається з рейко-шпальної решітки (РШР) та підшпальної основи (ПО). Остання містить баластовий шар (БШ) та певну (робочу) зону земляного полотна, до якого належить його верхня частина, що безпосередньо сприймає навантаження від верхньої будови колії (ВБК) та рухомого складу.

Основні показники стану БК (зокрема параметри геометрії рейкової колії) напряму залежать від несучої здатності ПО, зокрема від стану БШ.

Виходячи з вищезначеної вимоги щодо забезпечення надійності функціонування конструкції БК в процесі її експлуатації, питання оцінки працездатності БШ набувають певної актуальності. Окрім того, потреба відповідних досліджень у цьому напрямку обумовлюється зростанням інтенсивності експлуатації ВБК, що спостерігається на сучасному етапі [2].

**Аналіз основних досліджень з даної проблеми.** Питанню оцінки працездатності ПО (через накопичення залишкових деформацій рейкової колії) в процесі експлуатації БК присвячена низка наукових праць, серед яких слід відмітити [3,4]. Ці дослідження базувалися на статистичному аналізі відповідних експериментальних даних, що були отримані під час натурних спостережень за роботою ВБК на дослідних ділянках.

Означений напрямок (оцінка працездатності ПО) наукових досліджень знайшов свій розвиток у роботах [5-7], де запропоновано математичні моделі накопичення залишкових деформацій БШ (у профілі та плані) в процесі експлуатації БК.

Матеріали досліджень, що викладаються нижче, слід розглядати, зокрема, як продовження наукових розробок, результати яких наведені у [8].

**Мета даної статті** полягає у визначенні працездатності щебеневого баласту (за показниками його зносу та появи виплесків БШ) в процесі експлуатації БК.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** БШ є важливим елементом ВБК й повинен забезпечувати необхідну стійкість РШР (у вертикальній та горизонтальній площинах) під дією рухомого складу в процесі експлуатації конструкції ЗК.

Як баластовий матеріал в основному використовується щебеневий баласт.

Досвід експлуатації конструкції БК свідчить, що БШ найбільш схильний до

динамічної дії рухомого складу. При цьому виникають нерівномірні його осідання, знос зерен щебеню, забрудненість баластової призми й, як наслідок, виплески БШ. Тому термін служби щебеневого баласту значно менший у порівнянні з терміном служби рейок та залізобетонних шпал.

Протягом «життєвого» циклу ВБК технічний стан БШ постійно змінюється: перший етап – стабілізація баласту після виконання ремонту колії (характеризується відносно інтенсивними осіданнями БШ за рахунок ущільнення баласту під поїзним навантаженням); другий етап – період стабільної роботи БШ (спостерігається зниження інтенсивності накопичення у ньому залишкових деформацій, що обумовлюється досягненням граничного рівня ущільнення баласту під час його першого етапу експлуатації); третій етап – період погіршення технічного стану БШ (через підвищення рівня забрудненості баласту зростає інтенсивність нерівномірності його осідання, з'являються виплески баласту, як правило, у зонах стикових з'єднань конструкції ЗК).

Таким чином, працездатність БШ на третьому етапі його експлуатації негативно впливає на технічний стан конструкції ВБК в цілому. Тому відповідними нормативними документами [9] передбачається, що БШ на завершальному (третьому) етапі його експлуатації підлягає оздоровленню шляхом суцільного очищення від забруднювачів та ліквідації (при необхідності) виплесків баласту.

Ці ремонтно-колійні роботи з відновлення працездатності БШ виконуються під час середнього ремонту колії.

Середній ремонт колії призначається до виконання (на певній ділянці залізниці), коли технічний стан БШ характеризується такими критеріями [9], наведеними в таблиці.

Вид ремонту	Категорія колії	Основні критерії	
		Забрудненість щебеневого баласту, % від маси	Кількість шпал з виплесками, % /км
Середній ремонт колії	III	30 і більш	3
	I ;II;III-а	30 і більш	5
	III-б	30 і більш	8
	IV; V	30 і більш	10
	VI	30 і більш	15

Таким чином, до показників (критеріїв), які характеризують граничний технічний стан БШ, належать: ступінь (рівень) забрудненості щебеневого баласту; протяжність виплесків баласту на 1 км колії (кількість шпал на 1 км колії у зоні виплесків).

Ці показники (для *i*-ї ділянки колії) встановлюються за результатами натурального обстеження технічного стану конструкції ВБК у конкретний момент часу (на певному етапі експлуатації ЗК).

Для попереднього планування обсягів середнього ремонту колії й розроблення міжремонтної схеми для *i*-ї ділянки залізниці з певними експлуатаційними умовами вищезначені показники можуть бути встановлені аналітично [8].

У процесі експлуатації ВБК баластова призма поступово забруднюється внутрішніми (через знос зерен щебеню під динамічним навантаженням рухомого складу) та зовнішніми (частка сипучих вантажів, що перевозяться по ділянці через неповну герметичність вагонів потрапляє у баласт) забруднювачами, а з часом (після напрацювання певного обсягу тоннажу) на локальних місцях колії (як правило, у зонах стиків) з'являються виплески БШ. Виплески починають з'являтися після того, як забрудненість баласту досягне певного рівня, через що він (баласт) втрачає свої дренажні властивості, тобто атмосферна вода, яка потрапляє у БШ, не відводиться за межі баластової призми. Практичний досвід експлуатації БК свідчить, що виплески баласту виникають (у першу

чергу) в зоні зрівнювальних прольотів, де спостерігається підвищена дія рухомого складу на конструкцію колії і, як наслідок, більш інтенсивна робота елементів ВБК, у тому числі й БШ.

Залежності, що характеризують рівень забрудненості щебеневого баласту  $q_{\text{забр}}$  (% від маси щебеню) та кількості шпал у зоні виплесків  $m_{\text{випл}}$  (кінці шпал на 1 км колії), мають криволінійний вид (відносно обсягу, напрацьованого на ділянці тоннажу).

Дослідженнями [8] встановлено, що ці залежності (для конструкції БК: рейкові пліти зварені з рейок типу Р65; залізобетонні шпали; щебеневи баласт) мають такий вид:

$$q_{\text{забр}} = 3,935T^{0,33}, \quad (1)$$

$$m_{\text{випл}} = 2 \cdot 10^{-6}T^3, \quad (2)$$

де  $T$  – напрацьований тоннаж, млн т брутто.

Необхідно відмітити, що формули (1)-(2) визначені з урахуванням того, що товщина чистого баласту (очищеного від забруднювачів під час середнього ремонту колії) складає 25 см під подошвою шпали. Така товщина чистого баласту забезпечувалася (у свій час) застосуванням щебенеочисної техніки відповідного типу.

У теперішній час очищення щебеневого баласту при виконанні, зокрема, середнього ремонту колії здійснюється сучасними видами

щегенеочисних машин (наприклад машиною РМ-80), які забезпечують товщину очищеного від забруднювачів баласту під шпалою до 40 см.

Таким чином, умовний об'єм БШ, у якому накопичуються забруднювачі, збільшився у 1,6 разу. Однак за певними обставинами, які визначає практичний досвід експлуатації БК, у розрахункові формули (1)-(2) такий поправковий коефіцієнт вводити не можна (це призведе до завищення результату теоретичного розрахунку у порівнянні з існуючим досвідом експлуатації конструкції ЗК).

Тому (з урахуванням вищезначеного) пропонуються такі математичні моделі визначення  $Q_{забр}$  та  $m_{випл}$  в залежності від  $T$ , де як коефіцієнт, що характеризує збільшення об'єму шару щегеневого баласту, який сприймає динамічне навантаження від рухомого складу, прийнято значення 0,8.

Таким чином, розрахункові формули (1)-(2) мають такий вид:

$$Q_{забр} = 3,148T^{0,33}; \quad (3)$$

$$m_{випл} = 1,6 \cdot 10^{-6}T^3. \quad (4)$$

Аналітичні розрахунки за рекомендованими формулами (3-4) показують, що в процесі експлуатації БК:

– забруднення БШ до граничного рівня (30 % від загальної маси щегеню) досягається при напрацюванні приблизно 700 млн т бруто;

– гранична кількість виплесків баласту (див. таблицю) з'являється після пропуску по дільниці залізниці 350-550 млн т бруто (залежно від категорії головної колії).

– Результати теоретичних розрахунків за математичними моделями (3)-(4) слід розглядати як орієнтовні при:

– розробленні ремонтної схеми для певної дільниці залізниці;

– перспективному плануванні обсягів робіт із середнього ремонту колії та робіт з ліквідування можливих виплесків БШ на цій дільниці.

#### Висновки з даного дослідження.

Дано оцінку працездатності баластового шару безстикової колії в процесі її експлуатації. Запропоновано математичні моделі щодо визначення рівня забрудненості щегеневого баласту та появи його виплесків при напрацюванні тоннажу.

#### Список літератури

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затв. наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 р. № 411. – К., 2003. – 133 с.
2. Штомпель, А.М. Експлуатаційний вантажообіг на залізницях України у 2008-2011 роках та його вплив на конструкцію залізничної колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сб. науч. трудов SWorld: материалы международной научно-практической конференции "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2011". – Одесса: Черноморье, 2011. – Вып. 4, т. 3. – С.67-70.
3. Анализ накопления остаточных деформаций рельсовых нитей в профиле и плане [Текст] / О.П.Ершков, А.А.Ильяшенко, Е.Д.Ткачев, Б.С.Шинкаренко // Труды ВНИИЖТ. – 1980. – Вып.628. – С.50-67.
4. Зак, М.Г. Теоретический анализ влияния расстройств рельсовой колеи на динамическое взаимодействие подвижного состава и пути и оценка неравножесткости рельсовых нитей [Текст] / М.Г. Зак, О.П. Ершков, Е.Д. Ткачев // Труды ВНИИЖТ. – 1980. – Вып. 628. – С.67-103.
5. Штомпель, А.М. Математична модель накопичення вертикальних деформацій залізничної колії в процесі експлуатації [Текст] / А.М. Штомпель, В.П. Шраменко // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 4. – С.58-59.

6. Штомпель, А.М. Математична модель накопичення залишкових деформацій колії у плані при напрацюванні тоннажу [Текст] / В.П. Шраменко, О.О. Скорик, А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С.261-265.

7. Штомпель, А.М. Деформативність підрейкової основи безстикової колії у вертикальній площині [Текст] / А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип.125. – С.103-107.

8. Варызгин, Е.С. Как работает щебеночный балласт [Текст] / Е.С. Варызгин // Путь и путевое хозяйство. – 1980. – №12. – С.21-25.

9. Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України [Текст] / Е.І. Даніленко, М.І. Карпов, В.О. Яковлев [та ін]. – К.: Транспорт України, 2010. – 67 с.

**Ключові слова:** безстикова колія, щебенекий балласт, забруднювачі баласту, виплески баласту, напрацьований тоннаж, працездатність баласту.

### *Анотації*

Розглядаються питання щодо оцінки працездатності щебеневого баласту в процесі експлуатації безстикової колії. Запропоновано математичні моделі визначення рівня забрудненості щебеневого баласту та кількості шпал у зоні його виплесків при напрацюванні тоннажу.

Рассмотрены вопросы по оценке работоспособности щебеночного балласта в процессе эксплуатации бесстыкового пути. Предложены математические модели для определения уровня загрязненности щебеночного балласта и количества шпал в зоне его выплесков при наработке тоннажа.

The questions to assess performance ballasted in use continuously welded track. The mathematical model to determine the level of contamination of the crushed stone ballast and sleepers in the zone of its operating time splashing in tonnage.