

УДК 625.143.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-132-3-39-45

*Інженер Макаров Ю. О.*

## ПРОБЛЕМИ НАДНОРМАТИВНОГО БОКОВОГО ЗНОСУ РЕЙОК НА ДІЛЯНКАХ ЗІ СКЛАДНИМИ УМОВАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Ключові слова:** складні умови експлуатації, криві малого радіусу, бічний знос рейки, знос колеса.

### Вступ

Складні умови експлуатації характеризуються передчасним сукупним інтенсивним боковим зносом рейок, колісних пар локомотивів та рухомого складу, виходом з ладу елементів верхньої будови колії, забрудненням баластної призми і, як наслідок, зменшенням періодичності проведення планово-запобіжних ремонтів колії. До таких умов відносяться:

– ділянки з ускладненим планом та поздовжнім профілем колії, S-подібні криві без прямих вставок, складові криві, зі складними умовами земляного полотна – великі насипи і глибокі виїмки, напівнасипи і напіввиїмки, з великою кількістю мостів, підпірних стінок, штучних споруд, з басейнами, які вимагають великої водопропускну здатності;

– гірські ділянки, на яких є велика вірогідність гірських сходів, снігових лавин;

– ділянки з великою ймовірністю землетрусів і паводків.

Якщо визначатися, що є складні умови експлуатації, то це ділянки залізничної колії з кривими малого радіусу та ухілами на підйомах і спусках більших ніж 15 % (на лініях III категорії), 20 % (на лініях IV категорії) та 30 % (на лініях V–VII категорій), які немає можливості перебудувати під менш складні умови експлуатації без значних обсягів будівельно-монтажних робіт та великих фінансових витрат. Складні умови експлуатації потребують посиленої конструкції верхньої будови колії, а також особливого ставлення до всієї залізничної інфраструктури.

До кривих малих радіусів відносять криві радіусами до 400 м, в яких при русі поїзду і

взаємодії коліс його рухомих одиниць та колії відбувається інтенсивний боковий знос рейок, внаслідок виникнення підвищених бокових поздовжніх зусиль, які розпирають рейкову колію та призводять до її зсуву і швидкому розладу, а також до зносу бандажів коліс локомотивів та коліс вагонів. В діапазоні радіусів колії від 200 м до 300 м застосовується її ланкова конструкція, при якій стики рейок є основним ударним збудником динамічної взаємодії рейкової колії та рухомого складу і, як наслідок, виникнення розладів колії. В кривих від 200 м до 300 м фактично кожний стик зовнішньої нитки кривої – це кут у плані. Для виявлення таких кутів необхідно в кривих радіусом до 400 м проводити вимірювання в хордах довжиною 20 м різницю суміжних стріл через кожні 5 м, але навіть при такій частоті вимірювань, не завжди вдається виявити відхилення рейкової нитки в плані. В окремих випадках при радіусах 300 м – 350 м дозволяється вкладати безстикову колію, але динаміка вписування локомотивних візків ускладнена процесами можливого їх заклинювання у кривій, що призводить до інтенсивного бічного зносу бокової грані рейки та гребенів колісних пар.

**Метою статті** є аналіз факторів підвищеного бічного зносу рейок на ділянках зі складними умовами експлуатації. Результати проведених досліджень спрямовані на зменшення інтенсивності бічного зносу рейок і реборд коліс ходових частин рухомого складу та вибір оптимальної конструкції верхньої будови залізничної колії і типів її скріплень на залізобетонних шпалах для складних умов експлуатації.

### Вплив конструкції верхньої будови колії на інтенсивність бокового зносу рейок

Згідно вимог ЦП-0266 «Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України» [1] безстикова колія, при роздільних (КБ, СКД) і безболтових клемно-пружних (КПП) скріпленнях та залізобетонних шпалах на щебеневому баласті, укладається в прямих і кривих ділянках радіусом не менше ніж 350 м на ділянках всіх категорій. У діапазоні радіусів від 350 м до 400 м процес приробітку рейкової колії та рухомого складу менш суттєвий, але він також призводить до інтенсивного зносу рейок і розладу рейкової колії.

## ІНФРАСТРУКТУРА

В кривих малого радіусу, в діапазоні від 200 м до 400 м, експлуатуються ланкова та безстикова колія на дерев'яних та залізобетонних шпалах. На дерев'яних шпалах застосовуються типи скріплення: ДО, СКД-65Д, СКД-65Дм, Д2. На залізобетонних шпалах застосовуються типи скріплення: СКД-65Б і КПП-5К. Залежності інтенсивності бокового зносу рейок у кривій ділянці колії від типу використаних шпал і скріплень, наведені в таблиці 1.

В таблиці 2 зведені показники залежності інтенсивності бокового зносу рейок від способу виготовлення рейкової сталі та типу гартування рейок (М – мартенівській спосіб виготовлення, КФ – конверторний спосіб виготовлення, зпк – рейки, які загартовані по поверхні кочення, збг – рейки, які загартовані по поверхні кочення та боковим гранням головки рейки, збг т – рейки, які загартовані по поверхні кочення та боковим гранням головки рейки, з забезпеченням підвищеної твердості бокових граней).

Табл. 1 – Залежність інтенсивності бокового зносу рейоку кривих ділянках колії від типу їх скріплень зі шпалами та характеристик ділянки

Тип скріплення	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн.тбр. вантажу																		
	R<300 м						300 м <R<450 м						450 м <R<650 м						
	до 10 %		10–20 %		>20 %		до 10 %		10-20 %		>20 %		до 10 %		10-20 %		>20 %		
	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	
ДО	0,134	0,124	0,172	0,167	0,262	0,235		0,138	0,135		0,249	0,166							
Д-2, СКД-65Д	0,259	0,161	0,329	0,257	0,272	0,257			0,185	0,166	0,280	0,143			0,024	0,138			
СКД-65Б	0,342	0,473	0,361		0,456				0,190		0,246	0,267					0,091	0,171	
КПП-5К, КПП-5			0,490			0,377	0,205					0,263	0,078	0,103	0,090				0,206
КБ								0,090						0,082	0,089				

Табл. 2 – Залежність інтенсивності бокового зносу рейок у кривих ділянках колії від способу виготовлення рейкової сталі та типу гартування рейок

Тип скріплення	Спосіб виготовлення рейкової сталі / тип гартування	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн.тбр. вантажу																	
		R < 300 м						R < 300 м						R < 300 м					
		до 10 %		10–20 %		>20 %		до 10 %		10-20 %		>20 %		до 10 %		10-20 %		>20 %	
		підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск
ДО	М зпк	0,153		0,197	0,286	0,211				0,135			0,114						
	М збг	0,097	0,057	0,141	0,114		0,132												
	КФзпк		0,158	0,212	0,198	0,279	0,252		0,138			0,252	0,201						
	КФзбг			0,144								0,246							
СКД-65Д	М зпк				0,254														
	КФзпк	0,342	0,199	0,253	0,279														
	КФзбг	0,346		0,475	0,326	0,256			0,19										
СКД-65Дм	КФзбг			0,408															
СКД-65Б	КФзпк	0,324		0,361		0,417						0,248	0,267					0,091	0,171
	КФзбг	0,351	0,473			0,475			0,19		0,225								
	КФзбг т					0,684													
СКДБ-65Б пліть	КФзпк																	0,091	
КПП-5К	М зпк							0,2						0,118	0,022				
	КФзпк			0,411										0,034					
	КФзбг					0,377						0,263	0,076	0,055	0,062				0,206
КПП-5К пліть	КФзбг																		0,271

КПП-5	КФзпк														0,034					
	КФзбг 60EI (UIC-60)						0,21								0,076	0,055	0,062			
КБ	М зпк							0,05							0,035	0,050				
	КФзбг														0,0953	0,087				
	КФ 2017 збг т 60EI (UIC-60)							0,13							0,164					
															0,057					

За результатами досліджень встановлено, що в кривих радіусах до 300 м рейки, які виготовлені із мартенівської сталі мають кращі показники щодо зносостійкості за рейки із конверторної сталі: на ділянках з ухилом до 10 ‰ – в 1,4 рази, з ухилом від 10 ‰ до 20 ‰ – в 1,47 рази, з ухилом 20 ‰ і більше – в 1,39 рази. Тобто, якщо застосувати поправочний коефіцієнт і перерахувати інтенсивність зносу з його урахуванням, можна допустити, що при роботі конверторних рейок зі скріпленням типу ДО інтенсивність зносу рейок сягатиме наступних показників:

при підйомі колії до 10 ‰ – в 1,4 рази або 0,214 мм/млн. тбр.; на підйомах від 10 ‰ до 20 ‰ – в 1,47 рази або 0,289 мм/млн. тбр. і 0,420 мм/млн. тбр. на спуску; на підйомі 20 ‰ і більше – в 1,39 рази або 0,293 мм/млн. тбр.. При однаковому типу скріплення рейки поточного виробництва зі сталі марок М76 та К76Ф відрізняються щодо зносостійкості в залежності від року їх виготовлення. Середня інтенсивність бокового зносу рейок у ділянках колії з радіусами кривих до 300 м наведена в таблиці 3.

Табл. 3 – Інтенсивності бокового зносу рейок у ділянках колії з радіусами кривих до 300 м в залежності від типу використовуваних скріплень, шпал та властивостей сталі рейок

Скріплення	Шпали	з мартенівської сталі до 2011 року	з конверторної сталі		
			2011–2013 років	2014–2015 років	2016 – 2017
ДО	дерев'яні	0,057-0,338 (0,197)	0,071-0,382 (0,226)		0,544
СКД-65Д	дерев'яні	0,107-0,239 (0,173)	0,199-0,383 (0,291)	0,201-0,530 (0,365)	0,336-0,589 (0,462)
КПП-5К	залізобетонні		0,382	0,530	
СКД-65Б	залізобетонні			0,226-0,468 (0,347)	0,444-0,605 (0,524)

При визначенні інтенсивності зносу рейок з урахуванням поправочного коефіцієнту та при роботі конверторних рейок зі скріпленням типу ДО інтенсивність їх зносу сягає наступних показників: при ухилах до 10 ‰ має місце збільшення зносу в 1,4 рази, з показниками (min/max) – 0,08/0,473 мм/млн. тбр.; при ухилах від 10 ‰ до 20 ‰ – в 1,47 рази або 0,083/0,496 мм/млн. тбр.; при ухилах 20 ‰ і більше – в 1,39 рази або 0,079/0,469 мм/млн. тбр. на підйомі.

При розгляді чинників впливу, можливо зробити висновки, що на скріпленнях типу ДО і СКД-65Д на дерев'яних шпалах інтенсивність бічного зносу рейок може мати менші показники, а в деяких випадках може досягати більших значень, по відношенню до скріплень СКД-65Б і КПП-5К на залізобетонних шпалах.

Проаналізуємо роботу вищеперерахованих типів скріплень та шпал при врахуванні дії

додаткових факторів. Головним критерієм оцінки відповідності дерев'яних шпал є якість їх сировини та її обробки. Костильне змішане скріплення типу ДО з п'ятьма костиллями, з яких три основні костилі прикріплюють рейку до шпали, а два (обшивних) – прикріплюють до шпали підкладку. Переваги скріплення типу ДО, це: малодетальність конструкції; простота у виготовленні та експлуатації; забезпечення швидкої перешивки рейок та приведення колії у відповідність до норм її утримання в кривих малого радіуса; забезпечення плавності відводу розширення колії та приведення у відповідність її ширини до встановлених радіусів кривих. Недолік цього скріплення: неможливість щільного прилягання рейкових підкладок до шпал; виникнення надсмикування костилів під навантаженням рухомого складу, що викликає провіси рейок, відбої, скриті розширення колії та злам костилів; незадовільний опір уго-

ну колії; підвищений механічний знос шпал внаслідок вібрації підкладок під рейками.

Розрахунковий строк служби дерев'яних шпал у рейковій колії залежить від якості просочення та породи деревини шпали, прогнозований термін служби якої складає від 13,5 до 19 років. Причинами виходу дерев'яних шпал з ладу є: гниття, утворення поздовжніх тріщин; розробка костильних отворів та механічний знос верхньої постелі шпал. В складних умовах експлуатації, при частих перешиваннях колії, відбувається швидкий вихід зі строю дерев'яних шпал. Середній ресурс працездатності дерев'яних шпал в складних умовах експлуатації складає 4–5 років. Наприклад, на ділянці Славсько – Лавочне РФ «Львівська залізниця» після проведення реконструкції по непарній колії у 2010 році вже на четвертий рік експлуатації вийшли з ладу та потребували заміни в кругових кривих до 50 % шпал. На ділянці Лавочне – Бескид після вкладання у 2010 році рейко-шпальної решітки зі скріпленнями типу СКД-65Д вже на третій рік експлуатації до 60–70 % підкладок ЗКДЛ було перешито на костилі, в наслідок пошкодження шпал, що приводило до понаднормативного розширення колії [2].

На скріпленні типу СКД-65Д, яке є регульованим по ширині колії за допомогою пластин з підкладками ЗКДЛ з 6-ти отворами, несиметричність у конструкції підкладки ЗКДЛ призводить до бічного розвалу рейок в колії. Для усунення цього явища було розроблено скріплення СКД-65Дм з 8-ю отворами симетричної форми, при цьому 8-миотворна підкладка 4КДЛ була подовжена у польову сторону, що потребувало подовження шпал. Внаслідок швидкого виходу з ладу дерев'яних шпал, скріплення СКД-65Дм було вкладено на шпали із дубової сировини довжиною 2,90 м.

З метою подовження термінів служби елементів верхньої будови колії в складних умовах експлуатації було запропоновано вкладання скріплень на залізобетонних шпалах з регулюючими елементами типу СКД-65Б та КПП-5К. Переваги скріплення СКД-65Б у тому, що рейко-шпальна решітка збирається з залізобетонними шпалами Ш-1-1 на кривих ділянках радіусом від 200 м до 450 м, із шириною колії від 1520 мм до 1534 мм, у тому числі змінної ширини у зоні перехідної кривої з кроком 1 мм, тобто забезпечується плавний відвід розширення за рахунок регулюючих пластин. При поточному утриманні колії за допомогою карток скріплення СКД65-Б можна регулювати її ширину у кривих ділянках на звуження від 1 мм до

28мм, при застосуванні шпал Ш-1-1 [3]. За допомогою скріплення СКД-65Б можна експлуатувати рейки до моменту їхвилучення – зі зносом 26 мм.

Недоліком скріплення СКД-65Б є те, що під навантаженням відбувається видавлювання пластин підшоною рейки. Регулювальні пластини зроблені з пластичного матеріалу, який має схильність до зминання. Також пластини не зафіксовані відносно підкладки 2КБЛ. Скріплення СКД-65Б, як і КБ мають більшу металоємність, тобто велику кількість металевих частин. Після виявлення цих зауважень, розробниками скріплення проведено доопрацювання конструкції типу СКД-65Б. Було впроваджено монопластину товщиною 6 мм + 2 мм, для застосування при регулюванні колії в кругових кривих, Регулюючи пластини були розширені та зафіксовані відносно підкладки та клеми ПКЛ, що унеможливило видавлювання пластин. Також ці пластини були зроблені з більш міцної марки сталі.

Скріплення КПП-5-К, з залізобетонними шпалами типу СБЗ-5.2, призначене для укладання в криві ділянки колії радіусом від 200 м до 900 м та в перехідних кривих, що до них прилягають. При цьому повинні забезпечуватись встановлені швидкості руху поїздів: пасажирських – до 140 км/год., вантажних – до 90 км/год., рефрижераторних – до 120 км/год. Переваги скріплення типу КПП-5-К наступні: можливість регулювання ширини колії до 14 мм, без використання додаткової комплектації; забезпечення більш плавного відводу розширення у межах перехідної кривої; зниження рівня шуму від проходження рухомого складу по колії; простий та швидкий монтаж/демонтаж скріплення; забезпечення зусилля притискання рейки до шпали не менше ніж 25 кН; використання високоеластичної прокладки з жорсткістю від 110 до 590 кН/мм для забезпечення необхідного запасу пружності; забезпечується високий електричний опір за рахунок використання полімерних матеріалів у електроізолюючих деталях; середній ресурс надійності скріплення складає не менше 800 млн.тбрутто пропущеного вантажу по колії [4]. Через малий термін експлуатації скріплень КПП-5-К у складних умовах суттєвих зауважень до їх роботи поки що не виявлено. За аналізом попередніх років пружні скріплення незадовільно працюють у стиках рейок.

#### **Вплив ширини колії**

Вплив ширини колії на знос рейок не є суттєвим, якщо ширина колії встановлена з початку побудови за нормованими показниками відповідно до радіусу кривої. Якщо

промоделювати взаємодію візків рухомого складу з колією шириною 1520 мм, то колісна пара буде «шукати» оптимальну ширину колії для вписування візків колісної пари (так звана приробка). Для зменшення фактору приробки у кривих, як на дерев'яних, так і на залізобетонних шпалах, розроблені регулюючи типи скріплень для плавного відводу розширення колії та утримання її ширини у перехідних та кругових кривих.

#### **Вплив підвищення зовнішньої нитки**

Величина підвищення зовнішньої нитки колії та фактична швидкість руху пасажирських і вантажних поїздів на ділянці теж впливає на інтенсивність зносу її рейок. На підставі спостережень проведених колієобстежувальною станцією ПС-1 філії «Центр діагностики залізничної інфраструктури» АТ «Укрзалізниця» [5] було встановлено, що надмірне підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках на 10 мм – 15 мм, при відповідності підвищення зовнішньої нитки та фактичної швидкості, спостерігається зменшення бокового зносу зовнішньої рейки. При цьому внутрішня нитка колії перевантажується і, як наслідок, виникають накати рейок, їх вертикальний знос, викришування, відшарування та спливи металу рейок. Але зміна рейок по внутрішній нитці відбувається набагато рідше ніж по зовнішній нитці. Наприклад, на ділянці Лавочне – Бескид, непарної колії на 1632 км, ПК9 – 1633 км, ПК5, у кривій радіусом 270 м, при підвищенні 70 мм зовнішньої нитки колії, рейки по внутрішній нитці були вкленені у квітні 2016 року, а вилучені з колії по їх зносу - у березні 2018 року. За цей період по зовнішній нитці колії рейки вимінювались 5 разів - 4 рази на нові рейки та 1 раз на старопридатні.

#### **Вплив ваги потягів**

Швидкість руху потягів залежить від їх ваги. Для підтримання встановленої швидкості руху у складних умовах експлуатації необхідно зменшувати вагу потягів для забезпечення можливості транспортування вантажних потягів двома або трьома локомотивами, без застосування піску.

На ділянці Клепарів – Чоп – Ужгород РФ «Львівська залізниця» з 18.02.2018 року було встановлено критичну вагову норму для вантажних поїздів до 4200 т. До проведення експериментального дослідження вагова норма складала 4600 т. На ділянках цієї залізниці Лавочне – Бескид, Бескид – Скотарське, Скотарське – Воловець рух вантажних потягів виконувався за допомогою локомотивів ВЛ10 та ВЛ11, у складі 4-х локомотивів, які розміщувалися за схемою - три у голові вантажного потягу, один у хвості. Швидкість вантажних потягів на перегоні Лавочне–

Бескид у середньому складала, до зменшення ваги, 25–30 км/год.

З початку експериментальних досліджень середня вагова норма вантажних потягів по непарній колії була знижена до 4051 т, середня швидкість руху вантажних поїздів підвищена до 41,1 км/год. Після зменшення вагових норм до 4200 т інтенсивність бокового зносу рейок почала поступово зменшуватися, особливо на ділянках підйому, де ухил більше ніж 10 ‰.

В кривих ділянках колії радіусом до 300 м інтенсивність бічного зносу рейок, до зменшення ваги потягів, складала: на підйомі – 0,427 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,447 мм/млн.тбр. вантажу. Після зменшення ваги потягів вона складала: на підйомі – 0,355 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,384 мм/млн.тбр. вантажу. У кривих з радіусами 300 м – 450 м, до зменшення ваги поїзду інтенсивність бічного зносу рейок складала: на підйомі – 0,276 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,232 мм/млн.тбр. вантажу. Після зменшення ваги потягів знос рейок складав: на підйомі – 0,253 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,184 мм/млн.тбр. вантажу. У кривих з радіусами 450 м та більше, до зменшення ваги потягів знос складав: на підйомі – 0,092 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,050 мм/млн.тбр. вантажу. Після зменшення ваги потягів знос рейок склав: на підйомі – 0,090 мм/млн.тбр. вантажу, на спуску – 0,046 мм/млн.тбр. вантажу. У процентному відношенні у кривих ділянках колії з радіусом до 300 м інтенсивність бічного зносу рейок на підйомах зменшилась на 17 %, на спусках - на 14 %. Відповідно, в кривих радіусом 300 м – 450 м, зменшення зносу рейок склало: на підйомах 8,4 %, на спусках - на 20,7 %. В кривих радіусом 450 м і більше знос рейок зменшився: на підйомах на 2,2 %, на спусках на 8 %.

#### **Вплив твердості колеса та рейки**

Для досягнення мінімального зносу колеса та рейки необхідно визначити оптимальну твердість двох взаємодіючих поверхонь – рейки і колеса. Згідно ДСТУ ГОСТ 10791 «Колёса цельнокатаные. Технические условия» [6] виміри твердості коліс колісних пар проводяться на глибині 30 мм від їх поверхні кочення. Твердість в перевіреніх точках повинна складати 248–285НВ. У даному державному стандарті та у відповідному стандарті підприємства (СТП) відсутні методики перевірки твердості коліс на поверхні кочення та бічній грані гребеня колеса. При взаємодії рейки і колеса стикаються дві контактуючі поверхні – горизонтальна поверхня кочення рейки та її бокова грань і поверхня кочення та гребінь колеса рухомого складу.

Твердість на поверхні кочення рейок I категорії, які застосовуються на залізницях України складає 341–388НВ, на глибині 5 мм – 311НВ, на глибині 20мм – 302НВ. У відповідності твердості рейок на їх поверхнях кочення та бокових гранях не має сумніву, тоді як цього не можна сказати про твердість гребнів і поверхонь кочення коліс колісної пари. Вона може бути набагато більша ніж твердість, яка заміряється у точках в темплеті колеса.

За результатами досліджень науковців співвідношення твердості контактуючих поверхонь колісних пар та контактних поверхонь рейок (твердість НВ коліс / твердість НВ рейок) повинна складати 0,91/0,97 [7]. В процесі експлуатації фізичні показники двох контактних поверхонь зміцнюються та можуть мати інші показники твердості, але в нових елементах рейок та колісних пар, це співвідношення повинно виконуватися. При інших значеннях вказаного співвідношення твердості контактуючих поверхонь, гребнів колеса рухомого складу фактично виявляється різак для бокової грані рейки.

#### **Вплив режимів ведення потягів**

Для зменшення зносу рейок колії в складних умовах експлуатації дуже важливо враховувати режими ведення потягів на ділянках підйому та спуску. На спуску при рекуперативному гальмуванні, де рух забезпечується двома, трьома або чотирма локомотивами, особливо у S-образних кривих та в кривих малого радіусу, на перевідних та захрестовинних кривих стрілочних переводів, на підходах к кривим ділянкам колії на відстані 20 м – 30м, виникає неконтрольований рух вантажних вагонів, який оказує вплив на стан колії, а саме: збільшений знос рейок, зсув рейок за напрямком руху, перекіс шпал, забруднення баласту при гальмуванні із застосуванням піску. При електричному рекуперативному гальмуванні тормозна сила зосереджується в межах колісної бази одного чи декількох локомотивів, що при несинхронної взаємодії локомотивних бригад з'єднаних локомотивів може привести при гальмуванні головного локомотива до накопчування хвостового локомотива на потяг і видавлювання порожніх вагонів зі складу, а іноді і завантажених вагонів [8]. Розглянемо приклад впливу гальмування на інтенсивність бокового зносу рейок на ділянці перед станцією Лавочне РФ «Львівська залізниця». На перегоні Лавочне – Бескид, 1629 км ПК8 – 1630 км ПК1, по парної колії, на спуску з ухилом 28,3 ‰, при радіусі кривої 255 м, зі скріпленням КПП-5К, інтенсивність бокового зносу рейок складає 0,538 мм/млн. т бр.

При цьому, режими рекуперативного гальмування локомотивів контролюються тільки за рахунок зміни швидкості руху поїзду, а по суті - не контролюються. При постійному току живлення локомотива зрив його рекуперативного гальмування можливий при наступних умовах: при збільшеній ваги вантажного потягу та, в наслідок чого, збільшення напруги в контактній мережі вище встановленої, коротких замиканій в контактній мережі і на тягових підстанціях, або на самому електровозі що знаходиться у режимі рекуперативної, при глибокому юзі його окремих колісних пар, на послідовному та після послідовного паралельному з'єднанні тягових двигунів. Для попередження та усунення юзу коліс електровозів в тяговому режимі в складних умовах експлуатації машиністи локомотивів подають під їх колеса пісок, що впливає на щеплення коліс та рейок, а це в свою чергу призводить до збільшеного їх зносу.

Багатосекційне групування локомотивів в голові поїзда, застосування реостатного або рекуперативного гальмування, екстреного і повного службового гальмування, а також локомотивного гальма приводять до росту повздовжніх квазістатичних стискаючих сил в поїзді. При використанні вантажними поїздами пневматичного гальмування, гальма у вагонах вмикаються поступово починаючи з голови поїзда, при цьому в останньої третині поїзда виникає додаткова кінетична енергія, в наслідок накопчування незагальмованої хвостової частини поїзда на гальмівну. При накопчуванні завантажених вагонів на вже загальмовані вагони потягу може статися бічне виштовхування з поїзду порожніх вагонів [8].

#### **Вплив технічного стану вагонів**

Технічний стан вагонів, пов'язаний з нерівномірним прокатом обода одного колеса колісної пари по кругу його кочення, по впливу на динаміку руху вагона можливо порівняти з впливом від просадки рейкових нитей колії. Наявність повзунів і гострокінцевого накату на колесах вагону, збільшує кут набігання коліс на бічну кромку рейок, що приводить до появи полиці на бічній грані рейок та збільшенню їх бокового зносу, а в окремих випадках до перекочування колісної пари через рейку. Різниця в діаметрах коліс однієї колісної пари, що фізично є перекосом вагону, приводить до його нахилення та появи гострокінцевого накату на колесах колісних пар.

Заклинювання колісної пари у колії при її проходженні кривих ділянок, веде до підвищеного зносу гребнів коліс та поширення відстані між гребнем притиснутого до рейки

колеса та гребенем непрацюючого колеса, що додатково впливає на заклинювання візка рухомого складу в кривих та веде до збільшення бічного зносу рейок.

Перекося колісних пар у візках рухомого складу є основною причиною одностороннього зносу гребенів коліс колісних пар та збільшення кута набігання колеса на рейку, що збільшує інтенсивність бокового зносу, як рейки, так і колеса.

#### **Висновки**

1. На дерев'яних шпалах та скріпленнях типу ДО і СКД-65Д інтенсивність бічного зносу рейок в складних умовах експлуатації залежить від сукупних факторів впливу і може мати менші показники, а в деяких випадках вони можуть досягати більших значень по відношенню до скріплень СКД-65Б і КПП-5К на залізобетонних шпалах, але враховуючи, що дерев'яні шпали вже на другий третій рік експлуатації виходять з ладу та потребують великих витрат на поточне утримання, вважається недоцільним вкладати скріплення на дерев'яних шпалах у цих умовах експлуатації.

2. Ширина колії, за умови, що вона спочатку задається відповідно до нормативних вимог виходячи з радіусу кривої, суттєво не впливає на інтенсивність бічного зносу рейок.

3. Підвищення зовнішньої нитки колії збільшене на 10 мм – 15мм від встановлених для натурних швидкостей руху, надає позитивний ефект щодо зменшення бічного зносу рейок у кривих ділянках колії.

4. Співвідношення твердості між двома взаємодіючими поверхнями колеса та рейки повинне дорівнювати 0,91/0,97. В процесі експлуатації твердість контактуючих поверхонь збільшується, але в нових елементах рейок та колісних пар, це співвідношення повинно виконуватися. При загартуванні гребня колеса плазмовим зміцненням його твердість не повинна перевищувати 388НВ по Бринеллю, в іншому випадку гребінь буде ризаком для рейки.

5. Зменшення ваги вантажних поїздів з 4600 т до 4200 т, в складних умовах експлуатації, дає зменшення інтенсивності зносу рейок у кривих ділянках колії до 2-17 % на підйомах та до 8-20 % на спусках, в залежності від радіусів кривих. При підвищенні норм ваги вантажних поїздів інтенсивність бічного зносу рейок в кривих збільшується.

#### **Література**

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової

колії на залізницях України: ЦП-0266. – [Чинні від 2012-05-01 за наказом Укрзалізниці № 033-Ц від 01.02.2012]. – Київ: НВП Поліграфсервіс. – 2012. – 149 с.– (Нормативний документ Мінінфраструктури України. Інструкція).

2. Макаров Ю.О. Скріплення для кривих ділянок колії СКД–65Д та СКД–65Б : технічний звіт / Ю.О. Макаров, Д.О. Дроздов, Р.В. Лобода. – Дніпропетровськ: Колієобстежувальна станція №1 ЦП УЗ ПАТ «Укрзалізниця», 2015. – 220 с.

3. Настечик М.П. Інструкція зі складання та поточного утримання колії зі скріпленнями типу СКД65-Б / М.П. Настечик, О.В. Губар. – Київ: Транспорт України, 2008. – 32 с.

4. Скріплення проміжні пружні типу КПП-5: Технічні умови (зі змінами): ТУ У 35.2-30268559-118:2009. – Дніпропетровськ, 2009. – 41 с.

5. Макаров Ю.О. Фактори впливу на інтенсивність бічного зносу рейок в кривих малого радіусу до 300 м : технічний звіт / Ю.О. Макаров, Л.І Калекіна. – Дніпро : ВП «Колієобстежувальна станція ПС-1» філії «ЦДЗІ» АТ «Укрзалізниця», 2018. – 192 с.

6. Колеса суцільнокатані. Технічні умови : ДСТУ ГОСТ 10791:2016. - [Чинний від 2016-09-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 28 с. – (Нац. стандарт України).

7. Ражковский А.А. Исследование рационального соотношения твердости в системе "рельс-колесо" / А. А. Ражковский, Т. Г. Бунькова // Известия Транссиба. Подвижной состав железных дорог. - 2013. - № 1 (13). – с. 34–42.

8. Татуревич А.П. К вопросам расследования случаев нарушения безопасности движения поездов. Методические указания. / А.П. Татуревич, Г.В. Евдомаха. - Київ: Укрзалізниця, 2008. – 40 с.

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Макаров Юрій Олександрович**, начальник виробничого підрозділу «Колієобстежувальна станція ПС-1» філії «Центр діагностики залізничної інфраструктури» АТ «Укрзалізниця». Вул. Привокзальна, 9б, м. Дніпро, 49038, Україна. Тел.: +38 056 7931823. E-mail: Yu.Makarov@dp.uz.gov.ua.