

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШИРИНИ КОЛІЇ ТА ПОЛОЖЕННЯ У ПЛАНІ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

У статті наведено результати експлуатаційних досліджень бокового напрямку стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11-1/9 на залізобетонних брусах по ширині колії та за напрямком у плані. Визначено характерні ділянки бокового напрямку з точки зору впливу геометричного положення на взаємодію з рухомих складом.

Ключові слова: боковий напрямок стрілочного переводу, ширина колії, напрямком у плані

В статье приведены результаты эксплуатационных исследований бокового направления стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11-1/9 на железобетонных брусках по ширине колеи и по направлению в плане. Определены характерные участки бокового направления с точки зрения влияния геометрического положения на взаимодействие с подвижным составом.

Ключевые слова: боковое направление стрелочного перевода, ширина колеи, направление в плане

The results of operational research of lateral direction of switches of type Р65 mark 1/11-1/9 on reinforced concrete bars on the track gauge and the direction in plan are presented in the article. The characteristic parts of the lateral direction in terms of the influence of geometrical position on the interaction with rolling stock are determined.

Keywords: lateral direction of switch, track gauge, direction in plan

Ширина та положення колії у плані є основними характеристиками, які забезпечують безпеку руху поїздів. Діюча на сьогодні система норм та допусків на виготовлення та утримання стрілочних переводів [1] була розроблена за результатами досліджень стрілочних переводів на дерев'яних брусах, крім того ці дослідження мали лише статистичний характер та не враховували особливості взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочних переводів. Також на сьогодні в діючих нормативах відсутні ступені відступів по впливу на безпеку руху, плавність ходу та інтенсивність накопичення залишкових деформацій. Ці обставини стали причиною проведення досліджень з розробки нових нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані.

Результати попередніх експлуатаційних досліджень стрілочних переводів на дерев'яних брусах наведено в [2...5], прямого напрямку на залізобетонних брусах в [6]. Дослідження бокового напрямку стрілочних переводів типу Р65 на залізобетонних брусах, що становлять 55 % від загальної кількості та 78 % для головних

колії раніше не проводились. Тому було вирішено провести такі дослідження для вирішення наступних задач:

1) визначення фактичного стану бокового напрямку стрілочних переводів марок 1/9-1/11 на залізобетонних брусах;

2) вихідні дані по геометрії колії в межах стрілочних переводів, які знаходяться в важких експлуатаційних умовах, для теоретичних досліджень впливу відступів утримання на показники безпеки руху та дію на колію.

Навесні 2010 р. для вирішення зазначених задач були проведені експлуатаційні дослідження на головних і станційних коліях станцій Придніпровської залізниці. Експлуатаційні умови станцій: швидкість руху по боковому напрямку – 40 км/год; вантажонапруженість головної колії – 64, 80 млн т бруто/км на рік.

Стрілочні переводи марок 1/9 і 1/11 на залізобетонних брусах мають однакову конструкцію стрілки, що дало можливість проводити обміри по одній методиці. Схема розбивки наведена на рис. 1.

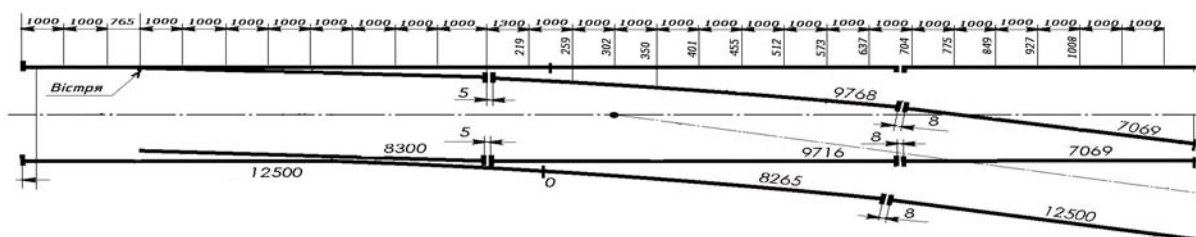


Рис. 1. Схема розбивки бокового напрямку стрілочного переводу по перетинах

Методика вимірювань включала наступні етапи:

- 1) розбивка стрілочного переводу від переднього стику рамної рейки до прямої вставки перед хрестовиною з шагом один метр;
- 2) обмір ширини колії в отриманих перетинах;
- 3) вимір ординат в межах перевідної кривої.

Головна задача наукового дослідження – отримати надійні висновки про властивості дослідних об'єктів, які повно виражаються лише генеральною сукупністю цих об'єктів. В даному випадку під генеральною сукупністю розуміються всі стрілочні переводи на залізобетонних брусах. За даними Головного управління колійного господарства [12] станом на 01.01.2010 в Україні експлуатується 25708 стрілочних переводів на залізобетонних брусах. Провести експлуатаційні дослідження всіх цих стрілочних переводів практично неможливо. Тому для зменшення обсягу досліджень та розповсюдити результати на всю генеральну сукупність використовують апарат математичної статистики. Методика, що обґрунтовує кількість елементів вибірки наведена в [15]. Суть її полягає в наступному:

- значення трьох вихідних параметрів: імовірності, допустимої похибки, міра мінливості;
- номограмою достатньо великих чисел [14] визначають достатню величину вибірки. Імовірність приймаємо на рівні 0,95, як це загально прийнято в техніці, допустима похибка приймається рівною точності вимірювань (для шаблона ЦУП-2Д ± 1 мм). Міра мінливості розраховується за формулою

$$v = \frac{s}{\bar{X}}, \quad (1)$$

де s – середньоквадратичне відхилення по вибірці;

\bar{X} – середнє значення по вибірці.

Дослідження достатньої величини вибірки експлуатаційних досліджень стрілочних переводів виконувались окремо по ширині колії та ординатах перевідної кривої для марок 1/9 та 1/11. В результаті проведення досліджень, по наведеній вище методиці, встановлено, що достатньою є вибірка із 15 стрілочних переводів, для згаданих вище умов експлуатації. Всього було досліджено 49 стрілочних переводів: 24 – марки 1/9, 25 – марки 1/11. Отже можемо зробити висновок, що виконаний обсяг експлуатаційних досліджень є достатній для розповсюдження результатів досліджень на всю генеральну сукупність стрілочних переводів на залізобетонних брусах, що працюють в схожих експлуатаційних умовах з досліджуваними

стрілочними переводами. Крім того зауважимо, що наведена вище методика на протязі більше 30 років використовується Колієвипробувальною науково-дослідною лабораторією ДПТУ для обробки результатів експериментальних досліджень по впливу рухомого складу на колію [15].

Кожний закон розподілення має свої особливості визначення середнього значення та середньоквадратичного відхилення [16]. Тому перед подальшою обробкою результатів експлуатаційних досліджень необхідно визначити за яким законом розподіляються ширина колії та ординати в кожному перетині по довжині бокового напрямку стрілочного переводу. З попередніх досліджень [3, 5] відомо, що в усіх випадках дані розподілені по нормальному закону. В наших дослідженнях ми приймаємо гіпотезу: ширина колії та ординати в кожному перетині розподілені по нормальному закону. Для перевірки цієї гіпотези будемо також використовувати методику Колієвипробувальної науково-дослідної лабораторії ДПТУ [15].

Суть цієї методики полягає в визначенні міри крутості – ексцесу та міри косості – асиметрії нормального розподілення та порівняння з еталонними значеннями. Порядок дослідження наступний: визначаємо асиметрію A та ексцес E

$$A = \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3; \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - 3, \quad (3)$$

де n – кількість елементів вибірки;

X_i – i -тий елемент вибірки. Визначаємо дисперсії асиметрії та ексцесу:

$$D(A) = \frac{6(n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}; \quad (4)$$

$$D(E) = \frac{24n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}. \quad (5)$$

Виконуємо порівняння асиметрії та ексцесу з критеріями узгодження нормального розподілення:

$$[A] \leq 3\sqrt{D(A)}; \quad (6)$$

$$[E] \leq 5\sqrt{D(E)}. \quad (7)$$

У випадку коли умови (6) та (7) виконуються, закон розподілення ширини колії та ординат перевідної кривої у перетинах, в яких виконувались

вимірювання, є нормальним. Для прикладу, на рис. 2 наведено результати розрахунку асиметрії та критерію узгодження ординат перевідної кривої для стрілочних переводів марки 1/11.

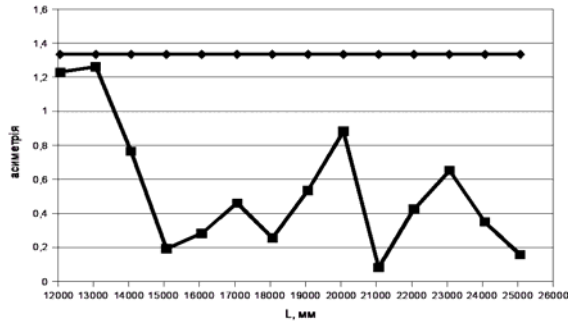


Рис.2. Асиметрія ординат перевідної кривої

З рис. 2 бачимо, що в усіх перетинах умова (6) виконується. Виконані розрахунки по наведеній методиці показали, що ширина колії та ординати перевідної кривої розподілені за нормальним законом.

Розглянемо результати досліджень, що стосуються ширини колії. Враховуючі результати попередніх досліджень [7 – 8], в межах бокового напрямку стрілочного переводу було виділено 3 характерні ділянки:

- 1) від переднього стику рамної рейки (далі

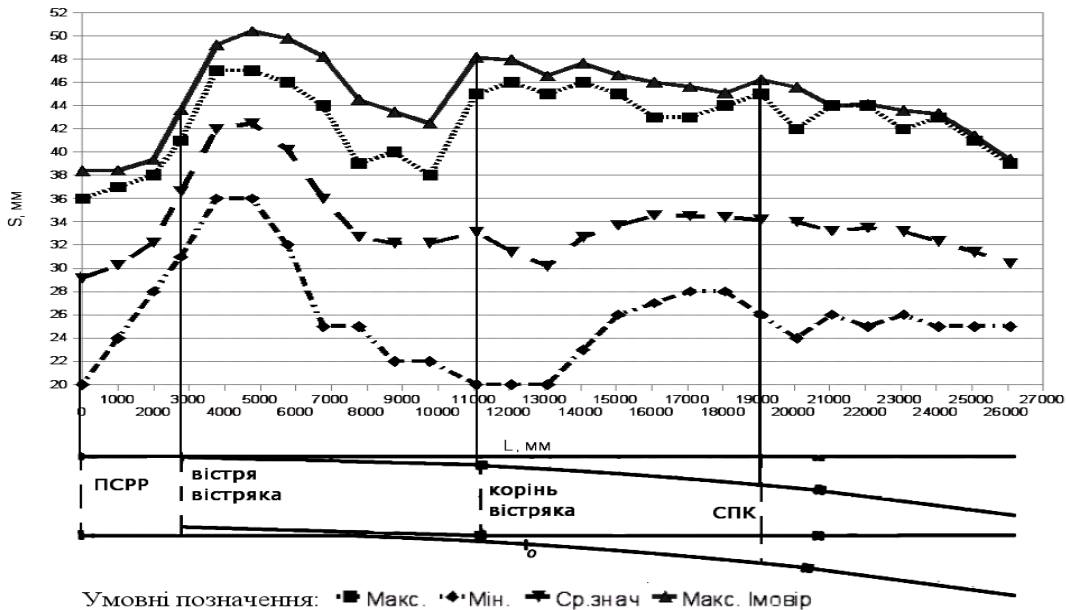


Рис. 3. Ширина колії по боковому напрямку стрілочних переводів марки 1/11

Результати, що представлені на рис. 3 – 4, свідчать про значні відступи від допусків утримання по всій довжині бокового напрямку стрілочних переводів – навіть за середніми значеннями та мінімально зафіксованими значеннями присутні відступи від допусків. На наш погляд, таке положення по ширині колії бокового напрямку обумовлене одночасною дією багатьох

ПСРР) до вістря вістряка (далі ВВ);

- 2) стрілка;

- 3) перевідна крива (далі ПК).

В табл. 1 представлено чисельні значення ширини для кожної ділянки бокового напрямку.

Таблиця 1

Ширина колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів, що досліджувались

Ділянка стрілочного переводу	Марка 1/11			Марка 1/9		
	Мін.	Макс.	Сер. знач.	Мін.	Макс.	Сер. знач.
ПСРР-ВВ	1520	1538	1530	1524	1544	1532
Стрілка	1520	1547	1536	1515	1547	1536
Перевідна крива	1520	1546	1533	1523	1547	1537

Шаг вимірювань 1 м надав можливість проаналізувати не тільки чисельні значення, а й якісний характер зміни ширини колії по боковому напрямку. Статистичні характеристики ширини колії по довжині бокового напрямку стрілочних переводів марок 1/11 і 1/9 представлені на рис. 3 та 4 відповідно.

факторів, основними з яких є: підвищена дія бокових сил на рейкові елементи порівняно з іншими зонами стрілочного переводу; недосконала конструкція рейкових скріплень; недотримання допусків при виготовленні елементів ВБК; нестача робочої сили (роботи з регулювання ширини колії виконуються повністю вручну). Окрему увагу слід приділити зоні набі-

гання на вістряк. В цій зоні стрілочних переводів максимальні імовірні значення ширини колії перевищують 1548 мм, тобто виникає імовірність прямої загрози безпеці руху. На нашу думку, причина таких відступів – це одночасний збіг двох факторів: велике бокове навантаження при вході рухомого складу на бокову колію та слабкий опір конструкції вузла «вістряк – рамна рейка» залишковим деформаціям від цього навантаження. Тому ми вважаємо за доцільне конструктивне посилення вузла «вістряк – рамна рейка», що надасть змогу зменшити величи-

ну залишкових деформацій по ширині колії.

Перевіримо також обґрунтованість існуючої методики контролю ширини колії по контрольних перетинах [1]. Для цього результати експлуатаційних досліджень були оброблені наступним чином. Для кожного перетину було розраховано процент стрілочних переводів, які мають перевищення встановлених нормативів утримання від усієї вибірки. Цей процент порівнювався з процентами в контрольних перетинах. Результати показані на рис. 5.

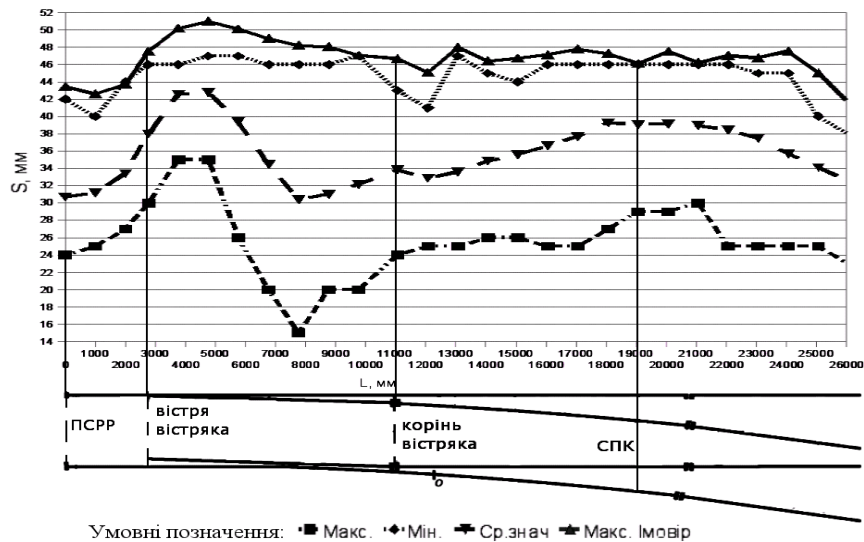


Рис. 4. Ширина колії по боковому напрямку стрілочних переводів марки 1/9

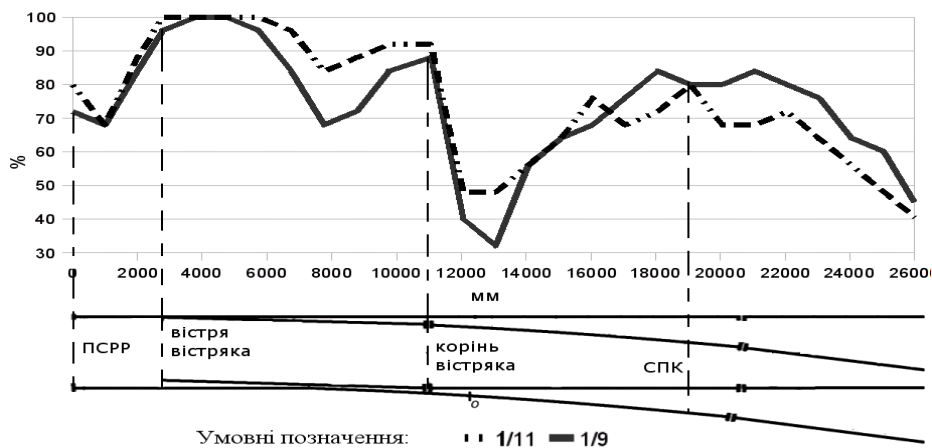


Рис. 5. Відсоток перевищення нормативів утримання від усієї вибірки по перетинах для стрілочних переводів марки 1/11 та 1/9

Результати дають право стверджувати: найбільший відсоток відступів мають стрілочні переводи в межах двох ділянок: зона стрілки та перевідна крива. Контроль лише по контрольних перетинах є недостатнім для виявлення всіх відступів по довжині бокового напрямку стрілочного переводу.

Перейдемо до результатів досліджень, що стосуються положення у плані – ординат пере-

відної кривої. На рис. 6 – 7 показано мінімальні, середні та максимальні відступи від норм утримання ординат перевідної кривої для марки 1/11 та 1/9 відповідно.

Результати досліджень ординат, представлені на рис. 6 – 7, свідчать про значні відступи від проектного положення перевідної кривої. Причини таких відступів, на наш погляд, ті ж самі,

що й для ширини колії. Практично у всіх випадках відступи направлені назовні перевідної кривої. Зміна середніх значень цього показника по довжині перевідної кривої практично однакова для обох марок. Плавність положення у плані, згідно діючих нормативних документів, контролюється різницею відступів у суміжних ординатах. Проаналізуємо результати за цим показником. На рис. 8 – 9 представлено мінімальні, середні та максимальні різниці відступів у суміжних ординатах перевідної кривої для марки 1/11 та 1/9 відповідно.

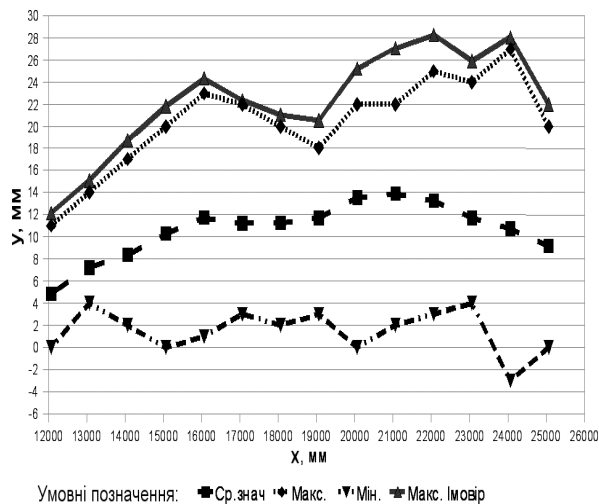


Рис. 6. Відступ від норм утримання ординат перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/11

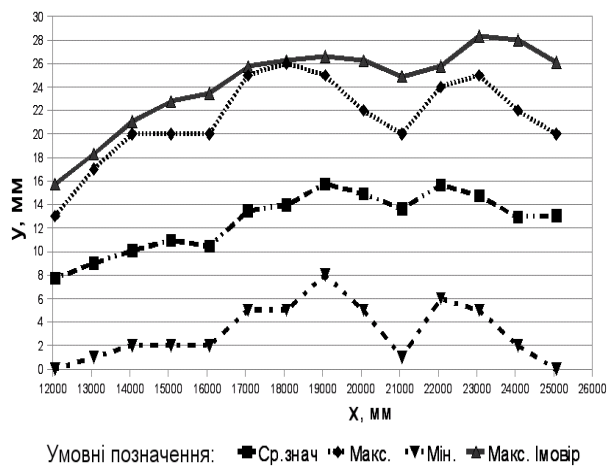


Рис. 7. Відступ від норм утримання ординат перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/9

Представлені на рис. 8 – 9 результати свідчать про незначні відступи (1...1,5 мм) по середніх значеннях від встановлених допусків – 2 мм, але по максимальних і максимальних імовірних присутні значні відступи (14...15 мм). Також слід зауважити, що зміна цього показника по довжині перевідної кривої практично однакова для обох марок.

Крім показників, що характеризують амплі-

туду нерівності у плані в межах перевідної кривої (відступ за ординатами та різниця відступів у суміжних ординатах) окремої уваги заслуговує аналіз форми та довжини нерівності. Тому що вплив нерівності на взаємодію колії та рухомого складу залежить саме від сукупності цих характеристик нерівності: амплітуда, довжина, форма. За результатами даних експлуатаційних досліджень було виділено характерні нерівності у плані в межах перевідної кривої. Ці нерівності наведені на рис. 10.

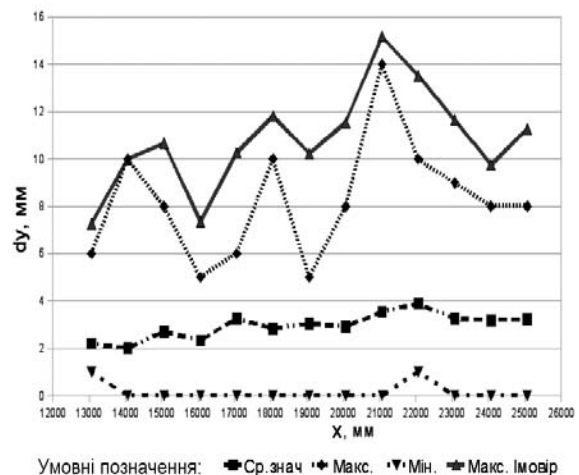


Рис. 8. Різниця відступу у суміжних ординатах перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/11

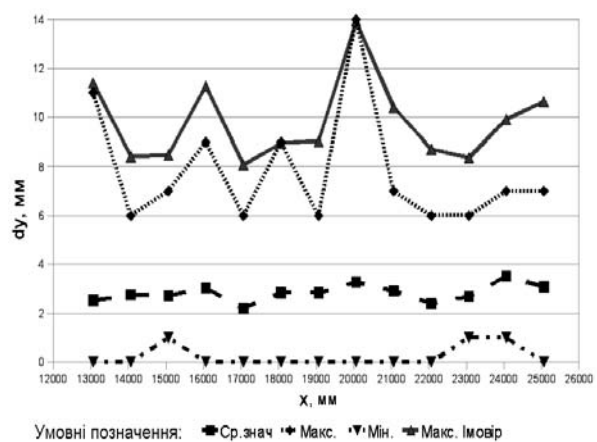


Рис. 9. Різниця відступу у суміжних ординатах перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/9

Нерівності у плані в межах перевідної кривої найчастіше мають складну форму, але в деяких випадках зустрічаються нерівності, які добре апроксимуються звичайною синусоїдою. Довжина нерівностей у плані найчастіше складає не менш як 10 м, але іноді фіксувались нерівності довжиною 6 м.

На основі виконаних досліджень можливо зробити наступні **висновки**:

1) всі без винятку стрілочні переводи, що досліджувались, мають відступи від допусків

утримання за шириною колії та ординатах перевідної кривої;

2) величина відступів навіть за середніми значеннями значно перевищує допуски утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані;

3) необхідно конструктивно підсилити вузол «вістряк – рамна рейка» для зменшення залишкових деформацій по ширині колії в межах ділянки набігання;

4) контроль ширини колії по контрольних перетинах не дозволяє фіксувати всі відступи від допусків утримання по довжині бокового напрямку.

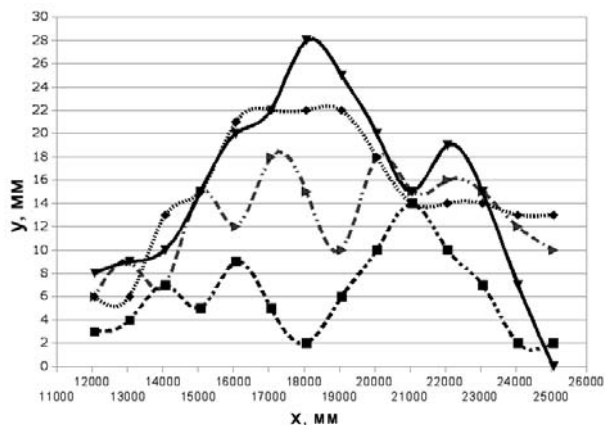


Рис. 10. Характерні нерівності у плані в межах перевідної кривої

Проведені дослідження показали необхідність удосконалення нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані. Першочерговою стає задача розробки нормативів утримання по критеріях безпеки руху та впливу на колію в межах стрілочних переводів, які наведені в [10 – 11]. На даний момент робота над удосконаленням нормативів продовжується.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко [та ін.]. – К.: Транспорт України., 2006. – 336 с.
2. Глюзберг, Б. Э. Усовершенствовать систему нормативов [Текст] / Б. Э. Глюзберг // Путь и путевое хозяйство. – М., 1990. – № 6. – С. 9-10.
3. Разработать нормативы скоростей движения по стрелочным переводам с учетом их фактического состояния [Текст] : звіт про НДР / ДИИТ. КГНДЛ. – Д., 1988. – 147 с.
4. Рибкін, В. В. Исследование расстройств колеи по шаблону на стрелочных переводах [Текст] / В. В. Рибкин, П. В. Ковтун // Межвуз. сб. науч. тр. БелИИЖТ. – Гомель, 1992. – С. 16-24.

5. Обоснование нормативов содержания стрелочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.
6. Курган, М. Б. Положення суміжних стрілочних переводів у плані й поздовжньому профілі [Текст] / М. Б. Курган, Т. А. Сенченко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 75-82.
7. Рибкін, В. В. Аналіз впливу відступів за шириною колії та за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 116-122.
8. Рибкін, В. В. Вплив ширини колії в межах перевідної кривої звичайних стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 153-156.
9. Система диагностики стрелочных переводов, порядок проведения диагностики стрелочных переводов [Текст] / Протокол совещания экспертов Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу по подтеме № 2.4 «Железобетонные шпалы, брусья, стрелочные переводы и их диагностика». – Д., 2010.
10. Савлук, В. Є. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань рухомого складу щодо впливу на колію та стрілочні переводи [Текст] / В. Є. Савлук, В. В. Рибкін, А. М. Патласов. – Д.: ДІТ, 2010. – 20 с.
11. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] / В. П. Гнатенко [та ін.]. – Д.: ДІТ, 2010. – 20 с.
12. Яковлев, В. О. Сучасний стан та перспективи розвитку колійного господарства України [Текст] / В. О. Яковлев // Тези доп. 70-ї наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: ДІТ, 2010. – 202 с.
13. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
14. Воробейчик, Л. Я. Планирование эксперимента при исследованиях воздействия экипажей на путь [Текст] / Л. Я. Воробейчик // Тр. ДИИТа № 198/20. – М., ДИИТ, 1978. – С. 75-90.
15. Теория вероятности и математическая статистика [Текст] / А. И. Кибзун [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 224 с.

Надійшла до редколегії 09.06.2010.

Прийнята до друку 23.06.2010.