

## НОРМАТИВИ УТРИМАННЯ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПО ШИРИНІ КОЛІЇ ТА ЗА НАПРЯМКОМ У ПЛАНІ

В даній статті наведено результати досліджень, що стосуються розробки нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

*Ключові слова:* критерії безпеки руху та впливу на колію, дослідження, нормативи, утримання

В даній статті приведені результати досліджень, що стосуються розробки нормативів утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

*Ключевые слова:* критерии безопасности движения и воздействия на путь, исследования, нормативы, содержание

This article presents the results of studies concerning the development of standards for maintenance of the lateral direction of rail switches on gauge and the direction in plan by the criteria for traffic safety and impact on the track.

*Keywords:* criteria for traffic safety and impact on track, studies, standards, maintenance

Діюча система нормативів утримання стрілочних переводів [1] враховує лише норми та допуски утримання по ширині колії та за напрямком у плані. В цій системі не існують, як це прийнято для звичайної колії, нормовані ступені відступів. Крім того ці нормативи були розроблені за результатами статистичних та експериментальних досліджень стрілочних переводів лише на дерев'яних брусах [2–3]. Експериментальні дослідження [3] не враховували вплив плану та профілю стрілочного переводу на взаємодію колії та рухомого складу. Дослідженнях [4] були присвячені впливу стану в профілі та в плані на взаємодію. Але і ці дослідження мали недоліки:

– нерівності в плані та профілі аналізувались окремо;

– стрілочні переводи до початку експерименту вже мали початкові нерівності, але їх вплив не аналізувався, тому після улаштування штучних нерівностей максимальні значення показників взаємодії були отримані за межами експериментальної ділянки;

– в теоретичній частині досліджень використовувались плоскі математичні моделі взаємодії, хоча результати експериментів свідчили про сумарний вплив нерівностей в плані і профілі на взаємодію;

– не наведені схеми розташування датчиків.

Ці обставини стали причиною проведення досліджень з розробки нових нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані.

Метою даної роботи є розробка нормативів утримання, на базі раніше виконаних досліджень [5–8], по ширині колії та за напрямком у плані бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Для цього необхідно обрати відповідні критерії. Силами вчених кафедри «Колія та колійне господарство» та Колієвипробувальної науково-дослідної лабораторії ДІПТу вперше за роки незалежності України були розроблені такі нормативи [9–10]. Враховуючі особливості взаємодії боковий напрямок стрілочних переводів був розділений на 2 характерні ділянки:

- 1) стрілка;
- 2) перевідна крива.

Відповідно для цих ділянок були обрані відповідні критерії безпеки руху та впливу на колію, які наведені в табл. 1.

Зауважимо, що вкочення колеса на рейку відбувається не миттєво, а на протязі деякої довжини, згідно досліджень випадків порушення безпеки руху [11], ця довжина складає 0,6...5,0 м. У якості допустимої нами прийнята нижня границя 0,6 м.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

1) визначити, який з напрямків руху: пошершний чи протишершний (далі ПШ та ПРШ відповідно) є більш несприятливий з точки зору взаємодії;

2) визначити вплив нерівностей у профілі на взаємодію;

3) встановити найбільш несприятливий вид нерівностей у профілі в межах перевідної кривої за критеріями безпеки руху;

4) визначити допустимі відступи за шириною колії та за напрямком у плані із врахуван-

ням нерівностей у профілі, що не вимагають зменшення встановленої швидкості руху;

5) визначити ступені відступів по ширині колії та за напрямком у плані за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Таблиця 1

**Допустимі значення критеріїв безпеки руху та впливу на колію**

Назва критерію	Допустиме значення
Бокова сила від колеса на рейку	$\frac{120}{100}$ кН*
Коефіцієнт запасу стійкості колеса на рейці	1,3

\* – у чисельнику для залізобетонної підрейкової основи; у знаменнику – для дерев'яної

Всі наведені задачі даного дослідження виконувались за допомогою просторової математичної моделі взаємодії вантажного піввагона на візках 18-100 (в порожньому та навантаженому стані: 23,5; 25; 30 т/вісь) з колією в межах стрілочного переводу. Вихідні дані для моделі були взяті з [14, 15]. Причому моделювання виконувалось окремо для дерев'яної та залізобетонної основи. Верифікація моделі виконувалась за результатами натурних експериментів по визначенню напружено-деформованого стану стрілочних переводів, проведених кафедрою «Колія та колійне господарство» та Колієвипробувальною науково-дослідною лабораторією ДПТУ. Результати, отримані при моделюванні та експериментальним шляхом, мають добрий збіг. Випробовування піввагонів із навантаженням 30 т/вісь в Україні ще не проводились, тому результати моделювання для цього осевого навантаження мають орієнтовний характер.

Визначимо, який з напрямків руху – ПШ чи ПРШ – є більш несприятливим з точки зору взаємодії. Для цього порівняємо результати моделювання руху піввагона в обох напрямках. При русі в ПШ напрямку моделювалась нерівність в плані в межах переднього вильоту рамної рейки та перевідної кривої, а при ПРШ напрямку – лише в межах перевідної кривої. Параметри нерівностей у плані в обох зонах бокового напрямку однакові: довжина нерівності 6 м, амплітуда 15 мм (параметри нерівностей за результатами експлуатаційних досліджень [8]). Зміну бокової сили по довжині бокового напрямку наведено на рис. 1, 2 для ПРШ та ПШ напрямку відповідно.

Аналіз результатів, наведених на рис. 1–2, свідчить наступне:

– в межах перевідної кривої величина бокової сили більша при ПРШ напрямку руху;

– в межах переднього вильоту при ПШ напрямку руху бокова сила менша ніж в межах зони набігання та перевідної кривої при ПРШ напрямку руху.

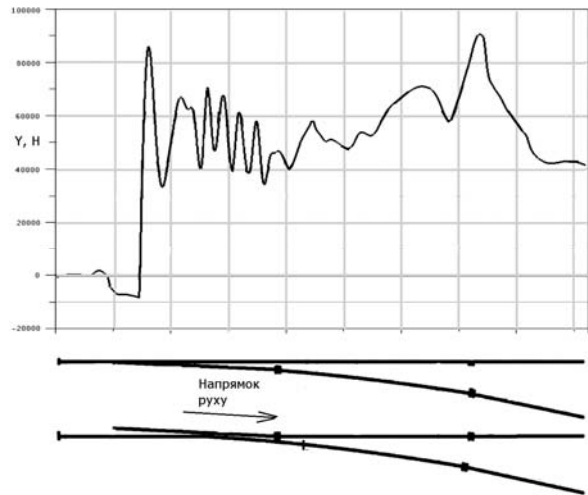


Рис. 1. Бокова сила при ПРШ напрямку руху

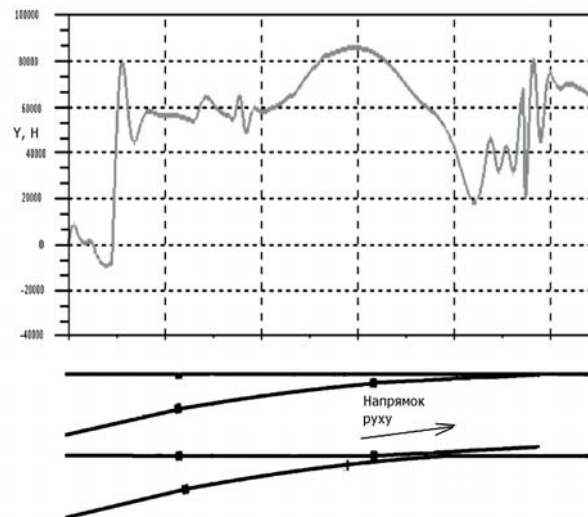


Рис. 2. Бокова сила при ПШ напрямку руху

Результати експлуатаційних досліджень [8] підтверджують ці висновки: залишкові деформації в межах зони набігання та перевідній кривій завжди більші, ніж в межах переднього вильоту. Отже, результати теоретичних та експлуатаційних досліджень дають право стверджувати, що найбільш несприятливим є ПРШ напрямку руху. Тому в подальших дослідженнях аналіз буде проводитись для ПРШ напрямку руху.

В наших дослідженнях, що проводились раніше [7], із нерівностей у профілі враховувались лише стики. Проведенні нами експлуатаційні дослідження показали, що на кожному стрілочному переводі присутні нерівності за

рівнем: односторонні просадки та перекуси. Приклади цих нерівностей наведені на рис. 3.

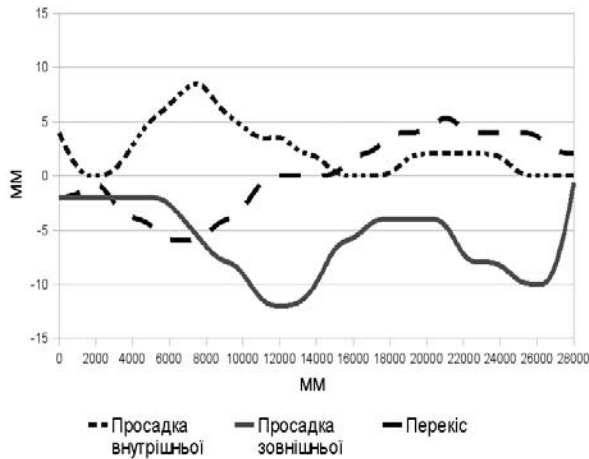


Рис. 3. Характерні вертикальні нерівності по боковому напрямку стрілочних переводів Р65 на залізобетонних брусах

Основні параметри нерівностей за рівнем по результатам експлуатаційних досліджень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри вертикальних нерівностей				
Значення параметру	Перекус		Одностороння просадка	
	Довжина, м	Амплітуда, мм	Довжина, м	Амплітуда, мм
Мінімальне	8	4	6	2
Середнє	12	5	8	3
Максимальне	14	17	14	12

На наступному етапі дослідження необхідно визначити вплив як нерівності у профілі взагалі, так і її форми на безпеку руху. Для цього моделювався збіг нерівностей у плані та профілі в межах перевідної кривої. До моделювання було прийнято наступні форми вертикальних нерівностей: двостороння, одностороння просадка зовнішньої та внутрішньої нитки, а також перекус. Критерієм порівняння був коефіцієнт запасу стійкості колеса на рейці. Характеристики нерівностей: довжина 6 м (перекус 12 м), амплітуда 10 мм. Форма нерівностей показана на рис. 4.

На рис. 5 наведено результати моделювання. Ці результати свідчать, що: нерівності у профілі мають вплив на безпеку руху; найбільш несприятливою по критеріях безпеки руху є одностороння просадка по зовнішній, упорній нитці.

Це обумовлене безпосереднім зменшенням вертикального навантаження на колесо, що набігає на упорну нитку. Тому в наступних етапах дослідження в якості вертикальної нерівності буде прийматись одностороння просадка по зовнішній, упорній нитці перевідної кривої.

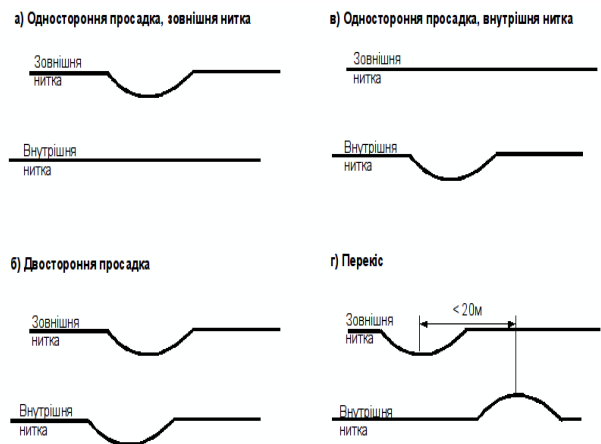


Рис. 4. Форми вертикальних нерівностей

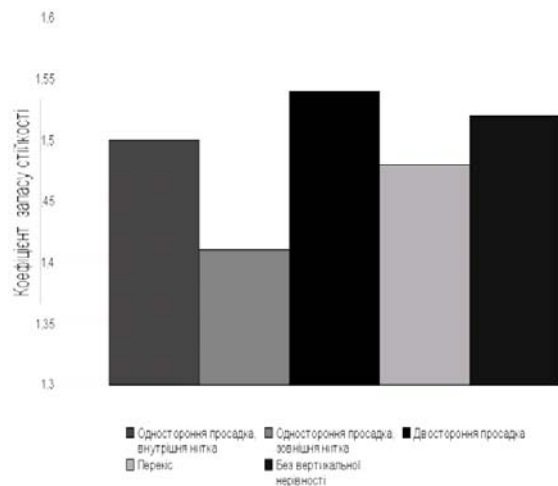


Рис. 5. Коефіцієнт запасу стійкості залежно від виду вертикальної нерівності

Перейдемо до визначення ширини колії та нерівностей за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів, що не вимагають зменшення швидкості руху. До моделювання взаємодії в межах перевідної кривої було обрано 6 проектів стрілочних переводів, серед яких один експериментальний, основною його особливістю є криволінійна хрестовина. Для них встановлена допустима швидкість руху у діючих нормативних документах [1]. Діапазон непогашених відцентрових прискорень, що діє в межах перевідної кривої, для цих проектів перебиває практично весь існуючий діапазон для всіх стрілочних переводів. Характеристики проектів стрілочних переводів, що досліджуються, наведені в табл. 3.

Методика цього етапу дослідження базується на визначенні таких параметрів ширини колії

та нерівностей за напрямком у плані при яких не перевищуються допустимі критерії безпеки руху та впливу на колію. Схематично методика дослідження представлена на рис. 6.

Таблиця 3

**Характеристики бокового напрямку стрілочних переводів**

№ проекту	R, м	M	Встановлена швидкість, км/год	Тип	Відцентрове прискорення, м/с <sup>2</sup>
1740	300	1/11	40	P65	0,41
2215	200	1/9	40	P65	0,62
2064	422	1/9	50	P50	0,46
Експер.	450	1/11	60	P65	0,62
Дн060	962	1/18	80	P65	0,51
2063	540	1/11	70	P50	0,7

Методика досліджень враховує раніше отримані результати досліджень [7]. Дослідження [7] виявили особливості взаємодії, які раніше

і просторова математична модель взаємодії піввагона з колією в межах бокового напрямку стрілочних переводів

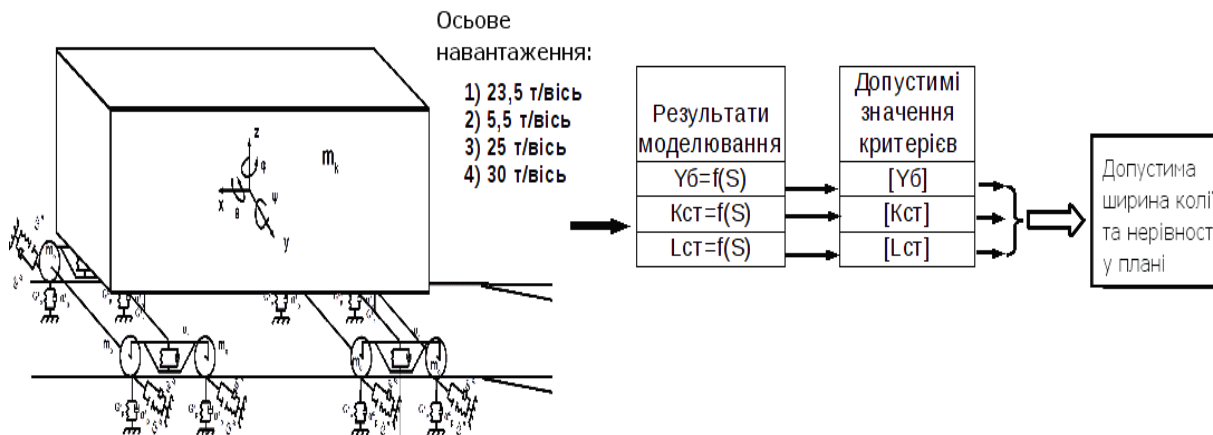


Рис. 6. Схема проведення досліджень.

В межах перевідної кривої бокові сили зростають при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм на 4...6 % і тільки для проекту ДН060 з встановленою швидкістю 80 км/год на 13 %. Зауважимо, що згідно результатів досліджень, представлених на рис. 7, для стрілочних переводів, що будуть проектуватись зі швидкістю 80 та більше км/год по боковому напрямку, необхідно провести додаткові дослідження по впливу ширини колії на взаємодію.

не враховувались при розробці нормативів утримання стрілочних переводів, а саме:

- для призначення нормативів по ширині колії боковий напрямок доцільно розбити на дві ділянки (стрілка та перевідна крива);
- нормативи призначати диференційовано, залежно від встановленої швидкості руху.

Розбиття бокового напрямку обумовлене різним рівнем впливу ширини колії на сили взаємодії в межах згаданих ділянок. В межах стрілки ширина колії істотно впливає на сили взаємодії, а в межах перевідної кривої цей вплив практично відсутній. На рис. 7–8 наведено зростання у відсотках величини бокової сили при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм відповідно для ділянки стрілки при набіганні та в межах перевідної кривої. Як бачимо з рис. 7, в межах стрілки бокові сили зростають при зміні ширини колії від 1520 до 1546 мм на 26...42 %, в залежності від встановленої швидкості. Такий вплив швидкості свідчить про доцільність диференційованого підходу до призначення нормативів в залежності від швидкості руху: при швидкості 50 і менше бокова сила зростає на 26 %, а при 60...80 км/год – на 42 %.

Перейдемо до результатів, що стосуються нерівностей у плані в межах бокового напрямку. У якості нерівності приймалась встановлена діючими нормативними документами [1] характеристика - різниця відступів у суміжних ординатах перевідної кривої (далі амплітуда нерівності). Довжина нерівності була прийнята по результатам експлуатаційних досліджень. Загальновідомо, що чим коротша нерівність тим гірший вплив вона має на взаємодію, тому до досліджень приймалась найменша вимірjana

довжина нерівності – 6 м, а її амплітуда змінювалась при моделюванні. Результати досліджень аналізувались окремо по критеріям безпеки руху та впливу на колію. На рис. 9–10 наведено допустимі, без зниження швидкості руху, амплітуди нерівностей за критерієм впливу на колію та безпеки руху, відповідно.

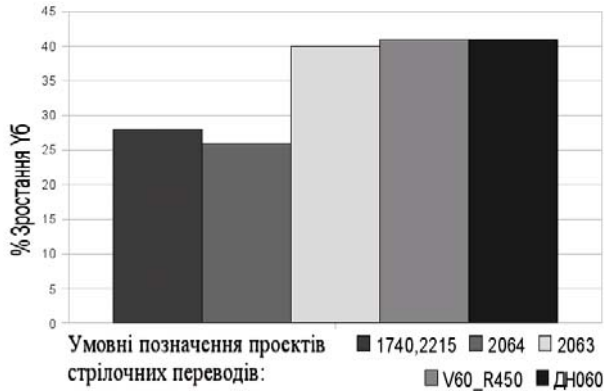


Рис. 7. Відсоток зростання бокової сили в зоні стрілки при набіганні

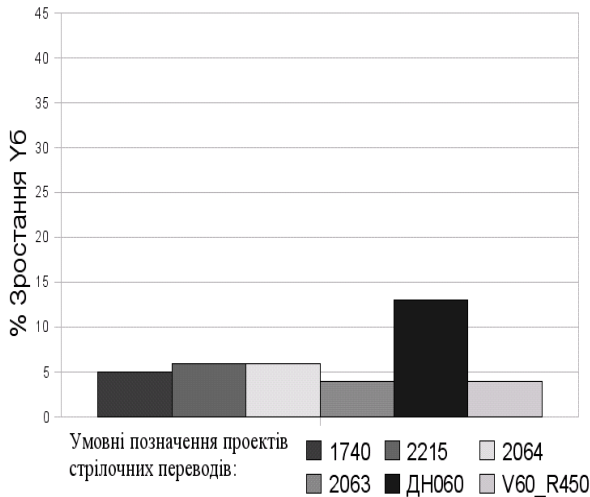


Рис. 8. Відсоток зростання бокової сили в зоні перевідної кривої

З рис. 10 бачимо, що найменші допустимі нерівності отримано для порожнього піввагона, тобто він є найбільш нестійким типом рухомого складу з тих, що досліджувався. Цей висновок підтверджується результатами багаторічних досліджень присвячених стійкості саме порожніх піввагонів [13].

Як бачимо з результатів, наведених на рис. 9-10, допустимі амплітуди нерівностей, отримані за критеріями впливу на колію та безпеки руху, між собою відрізняються.

Причому для завантажених піввагонів допустимі величини нерівності більші саме за критеріями безпеки руху. Ця обставина обумовлена наступним. Коефіцієнт запасу стійкості ко-

леса на рейці є відношення вертикального до горизонтального навантаження. В межах перевідної кривої вертикальне навантаження на колеса, що рухаються по упорній нитці, зростає через бокову качку кузова, ця особливість підтверджена в експериментах проф. Амеліна [12]. В свою чергу, збільшення вертикального навантаження призводить до зростання коефіцієнта запасу стійкості. Також зауважимо, що для піввагону з осьовим навантаженням 30 т/вісь допустимі амплітуди нерівностей менші в середньому на 4 мм в порівнянні з навантаженням 23,5 та 25 т/вісь за критерієм впливу на колію. Ця обставина свідчить про підвищену дію піввагонів з перспективним осьовим навантаженням 30 т/вісь, а тому виникає необхідність проведення окремих теоретичних та експериментальних досліджень цього рухомого складу як на стрілочні переводи, так і на колію взагалі. Крім допустимих нерівностей у плані також було визначено нерівності за рівнем, результати представлено на рис. 11.

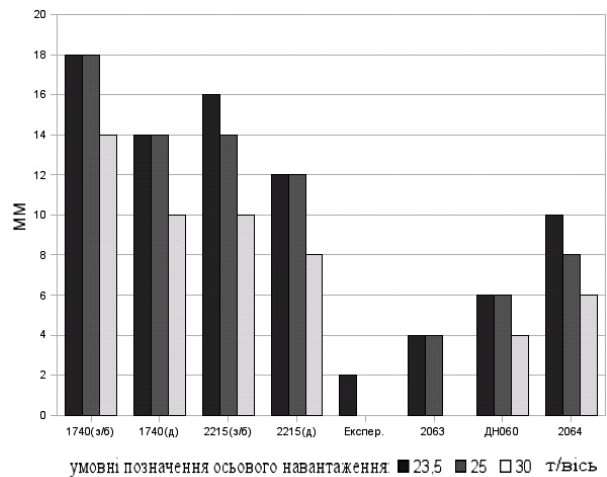


Рис. 9. Допустима амплітуда нерівності у плані за критерієм впливу на колію

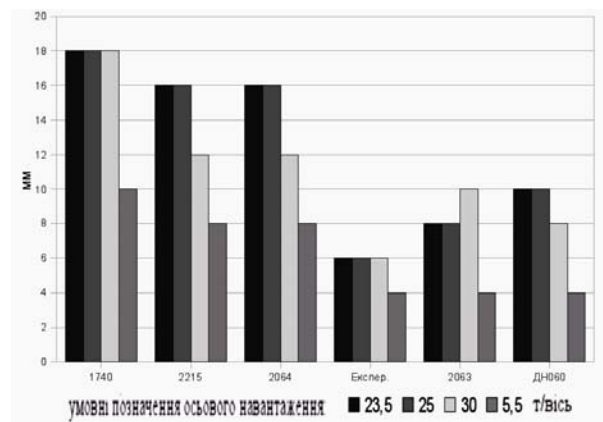


Рис. 10. Допустима амплітуда нерівності у плані за критерієм безпеки руху



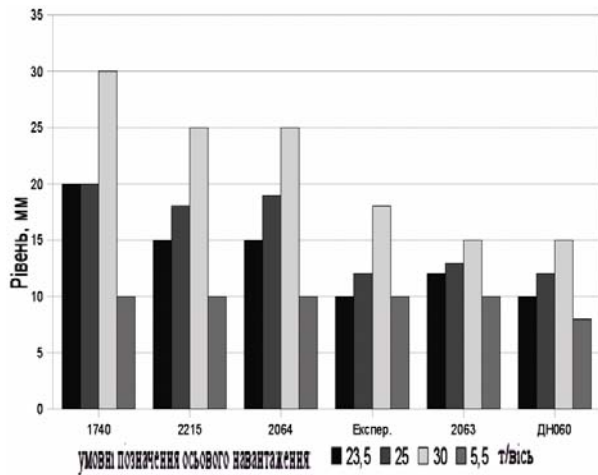


Рис. 11. Допустима відхилення за рівнем за критерієм безпеки руху

Подані на рис. 11 результати свідчать, що допустимі відхилення за рівнем, за критерієм безпеки руху, зростають з підвищенням осьового навантаження, найбільш несприятливим за цим критерієм є також, як і у попередньому випадку порожній вагон. Як у випадку з шириною колії в межах стрілки так і по стану за напрямком у плані, згідно отриманих результатів, визначається необхідність диференціювання нормативів по встановленим швидкостям руху. Наприклад по критерію безпеки руху для порожнього вагону в діапазоні швидкості до 60 км/год допустимим є діапазон амплітуд нерівностей 10...8 мм, а при швидкості 60...80 км/год – 4 мм. Тому в подальших дослідженнях нормативи будуть розділені для двох діапазонів встановленої швидкості в межах бокового напрямку: менше 60 та 60...80 км/год. Найменші допустимі відхилення як у плані так і за рівнем отриманні в усіх випадках для порожнього вагону за критерієм безпеки руху. Тому нормативи утримання колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів за напрямком у плані приймаються саме для порожнього вагону. Отже допустима різниця відступів у суміжних ординатах, що не вимагає зменшення швидкості руху:

- при встановленій швидкості руху менше 60 км/год – 8 мм;
- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год – 4 мм.

Дослідження по встановленню допустимої ширини колії були виконані раніше [7]. Тому визначивши допустиму ширину колії та нерівності за напрямком у плані по критеріям безпеки руху та впливу на колію, необхідно за цими ж критеріями визначити допустимі швидкості руху в залежності від величини відступів від

норм утримання. Для досліджень використовувався наступна методика:

- обрати обмеження швидкості, які б використовувались у діючих нормативних документах для звичайної колії;

- для кожного кроку обмежень швидкості визначити допустимі величини відступів за критеріями безпеки руху та впливу на колію.

Кроки обмеження швидкості були обрані наступні:

- при встановленій швидкості руху менше 60 км/год – 25 та 15 км/год;
- при встановленій швидкості руху 60...80 км/год – 50 та 25 км/год.

Для прикладу на рис. 12 наведено результати визначення допустимої різниці відступів у суміжних ординатах для проекту 2215 при обмеженні швидкості руху до 25 км/год.

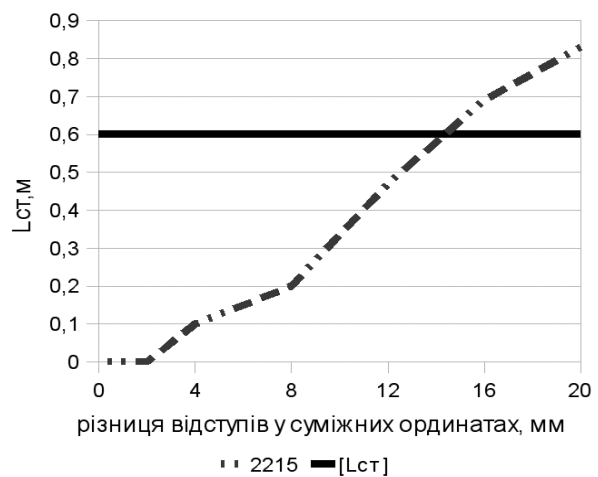


Рис. 12. Довжина зони втрати стійкості при швидкості руху 25 км/год

Аналогічним шляхом отримані інші результати, що стосуються ступенів відступів. Перейдемо до результатів, як по відхиленнях, що не вимагають обмеження швидкості так і по ступенях відступів, що вимагають обмеження швидкості для ширини колії та за станом по напрямку у плані, які зведені до табл. 4 та 5, відповідно.

Отже в результаті проведених досліджень були розроблені нормативи утримання бокового напрямку стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані. Ще раз зауважимо, що нормативи розроблені за критеріями безпеки руху та впливу на колію. Для розробки та обґрунтування нормативів з точки зору мінімуму експлуатаційних витрат необхідно проводити окремі дослідження. Теоретичною основою яких є залежності реологічних властивостей колії від її стану, але на сьогодні такої теорії не існує.

Таблиця 4

**Нормативи утримання по ширині колії  
по боковому напрямку стрілочних переводів**

Ділянка стрілочного переводу	Ступені несправностей		
	1	2	3 <sup>1</sup>
	Допустима ширина колії		
Стрілка	$\frac{1542}{1532^1}$	$\frac{1546}{1540^1}$	> 1546
Перевідна крива	1546	> 1546	
Допустимі швидкості руху, км/год	Встановлена	$\frac{25}{50^2}$	$\frac{15}{25^2}$

1 – у всіх випадках ширина колії з урахуванням бокового зносу рейок не повинна перевищувати 1548 мм;

2 – у чисельнику показники для стрілочних переводів з встановленою швидкістю по боковому напрямку < 60, а в знаменнику для діапазону 60...80.

Таблиця 5

**Нормативи утримання за напрямком  
у плані бокового напрямку стрілочних переводів**

Встановлена швидкість руху, км/год	Ступені несправностей		
	1	2	3
	Різниця відступів у суміжних ординатах		
< 60	8	14	20
60...80	4	8	14
Допустимі швидкості руху, км/год	Встановлена	$\frac{25}{50^1}$	$\frac{10}{25^1}$

1 – у чисельнику показники для стрілочних переводів з встановленою швидкістю по боковому напрямку < 60, а в знаменнику – для діапазону 60...80.

**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. Рыбкин, В. В. Исследование расстройств колеи по шаблону на стрелочных переводах [Текст] / В. В. Рыбкин, П. П. Ковтун // Межвуз. сб. науч. тр. БелИЖЖТ. – Гомель, 1992. – С. 16-24.
3. Обоснование нормативов содержания стрелочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.
4. Обоснование нормативов содержания стрелочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.

5. Каленик, К. Л. Особливості математичної моделі взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочного переводу [Текст] / К. Л. Каленик, В. В. Рибкін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 30. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 204-207.
6. Рибкін, В. В. Вплив ширини колії в межах переводної кривої звичайних стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 153-156.
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 залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 116-122.
8. Рибкін, В. В. Експлуатаційні дослідження ширини колії та положення за напрямком у плані бокового напрямку стрілочних переводів [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 129-134.
9. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] / В. П. Гнатенко [та ін.]. – Д.: ДНУЗТ, 2010. – 20 с.
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.: ДНУЗТ, 2010. – 20 с.
11. О запасе устойчивости колеса против схода с рельса [Текст] / Е. П. Блохин [и др.] // Залізн. трансп. України. – 2002. – № 2. – С. 22-24.
12. Исследование устойчивости движения экипажей по коэффициентам вертикальной динамики [Текст] / С. В. Амелин [и др.] // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа. – Л., 1971. – № 323. – С. 18-28.
13. Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по железнодорожным путям колеи 1520 мм [Текст] / В. Д. Данович [и др.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2003. – Вип. 2. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – С. 77-86.
14. Желнин, Г. Г. Допустимые скорости движения на боковое направление стрелочного перевода с учетом его фактического состояния [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Г. Г. Желнин. – М.: ВНИИЖТ, 1992. – 45 с.
15. Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] / С. В. Мямлин. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.

Надійшла до редколегії 04.11.2010.

Прийнята до друку 22.11.2010.