

ВПЛИВ ДОВЖИНИ ПРЯМОЇ ВСТАВКИ НА ДОПУСТИМІ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ СУМІЖНИМИ СТРІЛОЧНИМИ ПЕРЕВОДАМИ, УКЛАДЕНИМИ ЗА ПЕРШОЮ СХЕМОЮ

Наведено результати експериментального дослідження впливу довжини прямої вставки між суміжними стрілочними переводами, укладеними за першою схемою, на допустимі за критерієм міцності переводу швидкості руху поїздів та напружено-деформований стан таких переводів.

Ключові слова: стрілочний перевід, пряма вставка, швидкості руху поїздів

Приведены результаты экспериментального исследования влияния длины прямой вставки между смежными стрелочными переводами, уложенными по первой схеме, на допустимые по критерию прочности перевода скорости движения поездов и напряженно-деформированное состояние таких переводов.

Ключевые слова: стрелочный перевод, прямая вставка, скорости движения поездов

The results of experimental research of influence of length of a direct insert between adjacent switches laid according to the first scheme on admissible speeds of movement of trains by criterion of switch strength and the strained-and-stressed state of such switches are presented.

Keywords: switch, direct insert, speeds of movement of trains

Відповідно до вимог «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» (ЦП/0138) [1] між двома суміжними стрілочними переводами, розташованими на прямій ділянці, повинен бути відрізок колії (пряма вставка d), довжина якого залежить від встановленої максимальної швидкості руху поїздів, положення одного переводу відносно іншого та їх сторонності. Відсутність прямої вставки або її недостатня довжина, що характерно для значної кількості суміжних переводів, укладених навіть на головних коліях, розглядається як порушення [1], яке повинне усуватися під час їх ремонтів. Збільшити ж довжину прямої вставки між суміжними переводами можна тільки одним способом – розсунувши їх.

Практично завжди зміна положення одного переводу зумовлює переміщення кількох сусідніх (інколи кількість переводів, які необхідно перемістити, досягає 10), тому в кошторис такої реконструкції станції, крім витрат на переміщення та ремонт переводів, обов'язково включаються кошти на розробку проекту та перебудову контактної мережі й кабельного господарства СЦБ, у результаті чого вартість усунення порушення ЦП/0138, пов'язаного з розташуванням переводів, суттєво перевищує вартість ремонту переводу. На сьогоднішній день ґрунтовних досліджень впливу довжини прямої вставки між суміжними переводами на витрати з їх утримання та безпеку руху поїздів немає, чим і пояснюється той факт, що недоліки роз-

ташування переводів усуваються аж ніяк не в першу чергу.

Об'єктом цього дослідження є пряма вставка між одиночними стрілочними переводами типу Р65 на залізобетонних брусах. Сьогодні в Україні ці переводи не мають альтернативи з погляду гарантування безпеки руху поїздів та вартості й тому практично витіснили з головних та приймально-відправних колій вітчизняних залізниць переводи на дерев'яних брусах.

У статті наведено результати експериментального дослідження впливу довжини прямої вставки на допустимі за критерієм міцності переводу швидкості руху поїздів суміжними стрілочними переводами, укладеними за першою схемою.

Призначення прямої вставки

Відомо, що конструкція стрілочного переводу суттєво відрізняється від звичайної колії. До особливостей переводу можна віднести:

– наявність гостряків та хрестовини, що забезпечують перекочування колеса з одного елемента переводу на інший, наслідком чого є поява вертикальних нерівностей в їх межах;

– значну кількість стиків, розташованих не в одному створі;

– відсутність підвищення зовнішньої рейки й перехідних кривих у межах перевідної кривої, її невеликі радіус (у найбільш масових переводів марки 1/11 і крутіше) і довжина;

– змінну по довжині переводу масу, що взаємодіє з колісною парою рухомого складу (гостряк разом з рамною рейкою, тільки гостряк, звичайна рейка, хрестовина, контррейка);

– наявність контррейки, яка, разом з вусовиком хрестовини, зумовлює горизонтальні зміщення колісних пар;

– неоднакову по довжині переводу жорсткість підрейкової основи, спричинену різними довжинами брусів та відстанями між ними.

Більшість цих особливостей разом з відступами від норм утримання за шириною колії, положенням у плані та осіданнями призводять до появи неусталеного режиму руху екіпажів переводом, який супроводжується коливаннями значної амплітуди.

Дуже рідко стрілочні переводи укладаються поодиноці, найчастіше вони розташовуються групами, близько один біля одного. Тому думка, що амплітуди коливань екіпажу, які виникли на одному переводі, можуть збільшуватися за рахунок дії збуджуючих факторів наступного, є загальноприйнятною.

Зрозуміло, що коливання екіпажів із значною амплітудою призводять до погіршення плавності ходу поїздів, збільшення вартості утримання переводів та, як крайній випадок, порушень безпеки руху, тому їх необхідно гасити шляхом влаштування між переводами прямої вставки. У разі зустрічного розташування суміжних переводів (схеми 1 і 2) пряма вставка повинна також покращувати умови впису-

вання рухомого складу під час руху з бокового напрямку одного переводу на боковий напрямок іншого.

Крім цього, наявність прямої вставки між переводами полегшує утримання ізоляційних стиків, розміщених у передньому вильоті рамних рейок, та дає можливість коригувати положення переводів під час їх ремонту.

Аналіз результатів випробувань несуміжних стрілочних переводів на міцність

За останні роки кафедрою колії та Колієвипробувальною ГНДЛ ДПТУ виконано багато натурних випробувань на міцність нових стрілочних переводів різних конструкцій. У табл. 1 наведено найбільші максимальні ймовірні або спостережені значення показників напружено-деформованого стану переводів типу Р65 на залізобетонних брусах [2 – 6] (перелік показників та їх граничні значення прийнято за [7]).

Ці дані характеризують усі конструкції стрілочних переводів на залізобетонних брусах, що застосовуються сьогодні на головних та приймально-відправних коліях залізниць України: від найсучасніших проектів Дн 300 та Дн 355 до розроблених ще в Радянському Союзі проектів 1740 та 2215 (переводи марки 1/6 відсутні в цьому переліку, тому що їх заборонено укладати на головних коліях та дуже рідко використовують на приймально-відправних).

Таблиця 1

Показники напружено-деформованого стану стрілочних переводів типу Р65 різних конструкцій на залізобетонних брусах

Показник	Гранична величина	Максимальні швидкості, досягнуті під час випробувань по прямому та боковому напрямках (км/год), для переводу (марка і проект)					
		1/9	1/11	1/9	1/11	1/11	1/11
		2215	1740	65109Ж-01	65111Ж	Дн 300	Дн 355
		140/–	140/40	120/50	140/50	160/50	140/50
Показники, для яких визначено допустимі величини							
Напруження, МПа:							
– кромка підшви гостряка	275	<u>161,0</u> –	<u>188,0</u> 209,7	<u>142,0</u> 214,3	<u>121,7</u> 181,5	<u>195,5</u> 259,0	<u>197,3</u> 258,8
– кромка підшви рейки	240	<u>145,0</u> –	<u>180,0</u> 171,3	<u>127,7</u> 203,2	<u>143,6</u> 208,3	<u>168,5</u> 178,3	<u>166,8</u> 213,5
– неробоча грань головки контррейки	330	–	–	<u>201,5</u> –	<u>185,7</u> –	–	<u>190,5</u> 304,2
Горизонтальна (поперечна) сила, що діє на рейку, кН	150	<u>87,0</u> –	<u>97,8</u> 91,5	<u>40,4</u> 132,2	<u>55,2</u> 110,4	<u>86,1</u> 107,7	– 132,2
Горизонтальне переміщення бруса, мм	2,0	<u>0,8</u> –	<u>0,8</u> 0,6	<u>0,4</u> 0,7	–	– 0,2	– 1,0
Показники, для яких визначено рекомендовані величини							
Вертикальна сила, що діє на рейку, кН	200	<u>190,6</u> –	<u>166,0</u> 176,9	<u>198,2</u> 204,0	<u>194,0</u> 195,7	<u>185,9</u> 196,6	<u>194,8</u> 195,2
Горизонтальне переміщення рейкових елементів, мм	6,0	<u>2,5</u> –	<u>2,5</u> 3,7	<u>1,2</u> 3,4	<u>2,2</u> 3,3	<u>3,4</u> 5,6	<u>3,5</u> 6,6

Примітки: 1. У чисельнику наведено дані для прямого напрямку, у знаменнику – для бокового.

2. Відповідно до [7] перевищення показником, що контролюється, допустимої величини є підставою для обмеження швидкості руху поїздів переводом, перевищення рекомендованого значення не потребує обмеження швидкості руху.

Наведені в табл. 1 дані дозволяють зробити висновок, що для бокового напрямку п'ять з чотирьох показників, для яких визначені допустимі величини (вони зумовлюють допустимі швидкості руху поїздів переводом), суттєво більші, ніж для прямого. Кількісно цей висновок підтверджено табл. 2, у якій містяться середні за всіма випробуваними переводами коефіцієнти запасу (відношення граничної величини до максимальної, зареєстрованої під час випробувань) для кожного з контрольованих показників.

Таблиця 2

Середні значення коефіцієнта запасу показників напружено-деформованого стану переводу

Показник	Напрямок	
	боковий	прямий
Показники, для яких визначено допустимі величини		
Напруження:		
– кромка підшви гостряка	1,22	1,64
– кромка підшви рейки	1,23	1,55
– неробоча грань головки контррейки	1,08	1,71
Горизонтальна (поперечна) сила, що діє на рейку	1,31	2,05
Горизонтальне переміщення бруса	3,33	2,86
Показники, для яких визначено рекомендовані величини		
Вертикальна сила, що діє на рейку	1,03	1,06
Горизонтальне переміщення рейкових елементів	1,33	2,31

З цього випливає, що з позиції міцності переводу погіршення показників динаміки рухомого складу, ймовірно під час прямування суміжними переводами, небезпечніше під час руху боковим напрямком, ніж прямим. Таким чином, випробування суміжних переводів на міцність за умови прямування рухомого складу боковими напрямками обох переводів потрібно виконати в першу чергу.

Методика проведення дослідження та обробки даних

Суміжні стрілочні переводи можуть розташовуватися за однією з п'яти схем, наведених на рис. 1 [1]. З рисунка зрозуміло, що прямування поїзда з бокового напрямку одного переводу на боковий напрямок сусіднього можливе тільки за умови розміщення переводів за першою та другою схемами (найчастіше поїзди приймаються та відправляються по переводах, розташованих за першою схемою).

Метою дослідження є визначення впливу довжини прямої вставки на допустимі за критерієм міцності переводу швидкості руху поїздів суміжними стрілочними переводами, укладеними за першою схемою, за умови руху по бокових напрямках обох переводів.

Теоретично пряма вставка між суміжними

переводами може мати будь-яку довжину в інтервалі від нескінченності (на практиці – довжиною з перегін) до 0. Не підлягає сумніву, що із зменшенням довжини прямої вставки взаємний вплив суміжних переводів збільшується, досягаючи, найімовірніше, максимуму у випадку, коли пряма вставка між переводами відсутня (очевидно, що мінімум впливу повинен спостерігатися за умови дуже великої прямої вставки). Тому визначення й порівняння між собою допустимих швидкостей руху поїздів суміжними переводами, що властиві для крайніх значень довжини прямої вставки ($d = 0$ і $d = \infty$), дозволяє чітко відповісти на запитання впливає довжина прямої вставки на допустимі швидкості чи ні. На практиці ця ідея була реалізована шляхом натурних випробувань на міцність суміжних стрілочних переводів, розташованих без прямої вставки, за умови руху по бокових напрямках обох переводів ($d = 0$) та тільки по боковому напрямку дослідного переводу ($d = \infty$).

Одержані під час випробувань дані дозволили також визначити вплив довжини прямої вставки на напружено-деформований стан суміжного переводу, укладеного за першою схемою, та додатково оцінити стан дослідних переводів і, як наслідок, їх придатність для проведення випробувань (якщо дані, одержані за циклу $d = \infty$, вимагають обмеження швидкості руху поїздів, то такий перевід не є справним і для випробувань не підходить). Також для підвищення надійності результатів було проведено два експерименти: досліджено вплив довжини прямої вставки під час руху дослідного поїзда з переводу № 43 на перевід № 29 та навпаки.

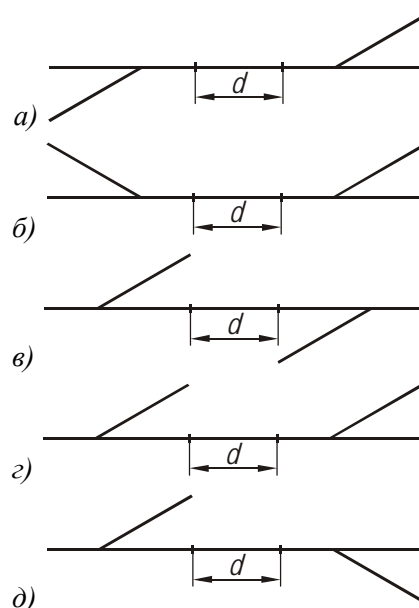


Рис. 1. Схеми розташування суміжних стрілочних переводів: а – 1, б – 2, в – 3, г – 4, д – 5

Дослідні стрілочні переводи розташовані на головній парній колії станції Запоріжжя-Вантажне Придніпровської залізниці (№ 29 і № 43). Це переводи типу Р65, марки 1/11, проекту 1740, на залізобетонних брусах. По прямому напрямку переводів (як і по колії) для пасажирських поїздів встановлена максимальна швидкість 100 км/год, для вантажних – 80 км/год; по боковому – 40 км/год (нормативна допустима швидкість по боковому напрямку переводу проекту 1740 [1]) для обох категорій поїздів. Переважна більшість поїздів рухається по прямому напрямку дослідних переводів, по бокових напрямках обох переводів виконується здебільшого тільки маневрова робота. Фрагмент схеми станції із зображеними на ній дослідними переводами наведено на рис. 2.

Дослідження проводилося в період з 30 листопада до 18 грудня 2007 року. На його початок по дослідних переводах було пропущено близько 230 млн т вантажу брутто, кілька разів замінювалися хрестовини та один раз решта металевих частин, тому на момент випробувань їх вертикальний та горизонтальний знос не перевищував 1...2 мм. Баластний шар та залізобетонні бруси, стан стрілочних переводів і прилеглих колій за рівнем та положенням у плані загалом відповідали вимогам [1]. Якась спеціальна підготовка переводів до випробувань не проводилася. Під час випробувань баласт перебував у незамерзломому стані.

Відповідно до [7] (у даному випадку першої редакції вказівок, яка набула чинності в жовтні 2006 р. [9]), основним завданням випробування стрілочного переводу на міцність є визначення напружень, які виникають у його елементах. Додатково до цього знаходять також вертикальні та горизонтальні (поперечні) переміщення металевих частин переводу та сили, що на них діють, горизонтальні переміщення брусів та рейкових елементів. Крім перерахованих вище

характеристик, з метою визначення впливу довжини прямої вставки на безпеку руху поїздів у межах хрестовинного вузла під час випробувань також досліджувалися зусилля в контррейкових болтах.

Для реєстрації напружень у рейках і гостряку та вертикальних сил, що передаються від коліс на рейки, використовувалися прямокутні тензорезистори КФ5ПІ з базою 20 мм виробництва ВФ «Веда» (ТВ 3.06 України 7710-0001-93), датчики одноразового застосування. Для визначення напружень у підшві рейок та гостряка вони наклеювалися на відстані близько 5 мм від внутрішньої або зовнішньої кромки. Парний номер приладу означає, що він розміщений на внутрішній кромці, непарний – на зовнішній. Деформації та переміщення рейкових елементів і брусів визначалися за допомогою прогиномірів типу ЦНИИ. Горизонтальні сили одержано за методом д-ра техн. наук О. П. Єршкова у перерізах, де розташовувалися прилади для вимірювання напруження в неробочій кромці головки рейки. Для визначення зусиль у контррейкових болтах застосовувалися колійні болти, обладнані тензорезисторами.

Схема встановлення приладів на переводі № 29 (рис. 3) розроблена з використанням принципів, викладених у [8]. Розташування приладів на переводі № 43 відрізнялося лише для приладів «1»–«4», «Ш1», «Ш2», «Г1», «Г2», «ПГ1», «ПГ2», «ПВ1», «ПВ2»: через технічні причини цей переріз був зміщений у бік переднього стику рамних рейок у сусідній ящик.

Визначення показників напружено-деформованого стану стрілочних переводів виконувалося під дією дослідного поїзда, який рухався переводами в режимі вибігу. Він складався з двох електровозів серії ВЛ11 (один у голові поїзда, другий – у хвості), чотирьох чотиривісних піввагонів на візках моделі 18-100 та пасажирського вагона на візках моделі КВЗ-ЦНИИ.

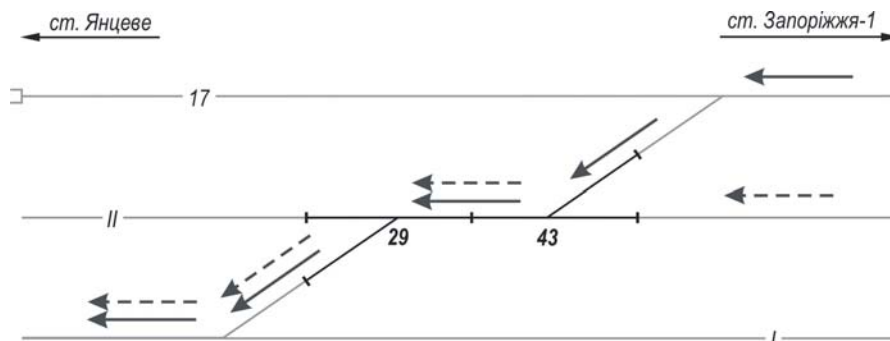
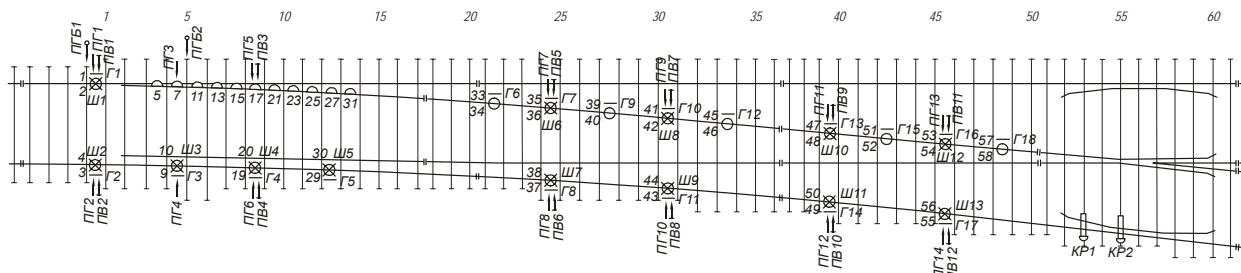


Рис. 2. Фрагмент схеми станції Запоріжжя-Вантажне (суцільними стрілками зображено маршрут руху поїзда під час випробувань переводу № 29 за циклом $d = 0$, пунктирною – $d = \infty$)



Умовні позначення:

- Х – прилад для вимірювання вертикальної сили, що діє на рейку;
- Д – прилад для вимірювання напруження в кромці підшви рейки та гостряка;
- – прилад для вимірювання напруження в неробочій кромці головки рейки;
- ↑, ↓ – прилади для вимірювання відповідно вертикальних і горизонтальних переміщень рейки;
- – прилад для вимірювання горизонтального переміщення бруса;
- – прилад для вимірювань зусиль у контррейкових болтах

Рис. 3. Схема встановлення приладів на стрілочному переводі № 29

Три піввагони були завантажені щебенем (до навантаження 21,5...23,0 т/вісь), один – порожній. Під час випробування технічний стан вагонів та локомотивів задовольняв вимоги відповідних нормативних документів з їх утримання та ремонту. Дослідний поїзд рухався із швидкостями 5, 15, 25 і 40 км/год. Під час протишерстного напрямку руху за кожним із циклів здійснювалося від 4 до 7 поїздок, під час пошерстного – 8-11. По дослідному переводу поїздки виконувалися лише по боковому напрямку.

Випробування та розшифровка одержаних даних виконані Колієвипробувальною ГНДЛ ДНУЗТ за допомогою вимірювально-інформаційної системи «ПОНІЛ ДИИТ – 1», що пройшла державну метрологічну атестацію відповідно до чинного порядку.

Обробка та аналіз даних зроблені за технологією, наведеною в [8]. Групування показань приладів виконано окремо для перших та других за напрямом руху поїзда осей візків, для їх вирівнювання використано нормальний закон. Допустимі та рекомендовані значення сил, деформацій та напружень в елементах стрілочного переводу прийнято за [7].

Довжина прямої вставки та допустимі швидкості руху поїздів суміжними переводами, розташованих за першою схемою, за умови руху по бокових напрямках обох переводів

У табл. 3 разом із середніми значеннями наведено найбільші з-поміж всіх екіпажів дослідного поїзда максимальні ймовірні величини показників, що визначалися під час досліджень, відповідно до номера випробуваного переводу, швидкості руху дослідного поїзда та циклу

(найчастіше це дані, зареєстровані під час руху електровоза серії ВЛ11, у решті випадків – завантаженого піввагона). У верхній половині клітинки подано значення, одержане під час циклу $d = 0$, у нижній – $d = \infty$. Коли в клітинці замість двох значень наведено одне – це означає, що величина для пошерстного напрямку руху дослідного поїзда більша за значення для протишерстного незалежно від циклу.

Дані про вертикальні переміщення рейок не потрапили до табл. 3 тому, що вони потрібні не для визначення допустимих швидкостей руху поїздів переводом, а для оцінки достовірності результатів випробувань (за наявності переміщень, що перевищують граничну величину, стрілочний перевід не може вважатися справним, а результати достовірними). Величини вертикальних переміщень рейок по довжині стрілочного переводу № 29 знаходилися в діапазоні від 0,8 мм до 4,3 мм, № 43 – від 0,7 мм до 2,5 мм, що суттєво менше за допустиму величину 10 мм [7]. Справний стан переводів також підтверджують дані, одержані за циклом $d = \infty$, – їх величини суттєво менші за граничні значення, наведені у [7].

Порівняння між собою даних різних циклів випробувань дозволяє стверджувати, що з показників, для яких визначено допустимі величини, лише напруження в підшві гостряка за швидкості 40 км/год суттєво залежить від довжини прямої вставки (29-й перевід), решта величин практично однакові або менші за значення, одержані для пошерстного руху. Зіставлення ж даних з граничними значеннями дозволяє зробити висновок, що для переводів проекту 1740 довжина прямої вставки не впливає на допустиму швидкість: за всіх швидкостей руху дослідного поїзда та циклів

Середні та максимальні ймовірні величини показників напружено-деформованого стану дослідних переводів, що визначалися під час випробувань

Перевід № 29								Перевід № 43							
Швидкість руху, км/год															
5				15				25				40			
Напруження (рамні рейки та рейки з'єднувальної частини), МПа															
$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i
132,7	154,0	133,6	159,1	132,6	163,1	141,2	171,3	132,2	159,5	128,6	144,4	126,4	152,0	131,1	157,8
Напруження (гостряк), МПа															
$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i
165,3	205,2	163,9	193,5	182,4	201,2	210,5	240,1	158,2	178,0	165,7	196,9	176,0	205,1	191,4	217,7
				170,5	199,9	173,3	198,4	157,8	168,8	163,9	184,7	169,2	191,9	182,8	209,7
Горизонтальна сила, кН															
\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i
47,6	77,9	49,3	74,2	55,6	84,7	57,1	79,4	58,1	82,2	58,1	81,8	57,1	80,3	62,2	91,5
53,2	73,9	55,3	77,7	58,2	84,6	54,4	79,2								
Горизонтальні переміщення брусків, мм															
\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$	\bar{y}_b	$y_{b\max}^i$
0,35	0,59	0,37	0,55	0,40	0,57	0,49	0,74	0,10	0,19	0,12	0,24	0,12	0,24	0,15	0,28
0,27	0,45					0,40	0,58	0,10	0,20			0,12	0,21	0,15	0,27
Зусилля в контррейкових болтах, кН															
\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$	\bar{P}_k	$P_{k\max}^i$
56,3	69,9	54,9	69,2	55,4	74,3	52,1	74,8	39,3	45,0	39,8	45,0	39,6	45,0	39,4	45,5
55,9	70,9	57,3	71,4	57,7	72,1	52,3	63,0	42,7	45,3	43,1	45,6	43,8	51,2	41,1	48,6
Вертикальна сила, кН															
\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i
132,7	184,7	129,0	175,7	127,9	166,8	142,6	179,4	123,7	157,0	128,7	158,2	126,5	156,1	138,3	182,8
				128,9	168,0			129,1	157,7	124,5	160,9	126,8	162,3	141,3	176,9
Горизонтальні переміщення рейок, мм															
\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i
2,32	2,57	2,34	2,72	2,11	3,10	2,62	3,39	2,95	3,71	2,75	3,70	3,10	3,66	3,20	4,02
						2,61	3,24					2,78	3,50	2,45	3,70

Примітка: Допустиме значення зусилля в контррейкових болтах – 381 кН (прийнято за [10]). Величини в таблиці наведено з урахуванням монтажних зусиль 30 кН.

випробувань одержані величини показників не перевищують допустимих та рекомендованих значень [7].

Далі розглянемо більш детально напруження в підшві гостряка. Для переводу № 29 за циклом $d = 0$ зареєстровано максимальне напруження 240,1 МПа (прилад «17»), за циклом $d = \infty$ – 198,4 МПа («21»), різниця складає 21 %. Для переводу № 43 – 217,7 МПа («21») та 209,7 МПа («21») відповідно, різниця – 4 %. Таким чином експериментально встановлено, що за умови руху поїздів по бокових напрямках обох суміжних переводів, розташованих за першою схемою, відсутність прямої вставки може призводити до збільшення напружень у підшві криволінійного гостряка на 20 %. Для відповіді на запитання, чому в одному випадку спостерігалось суттєве збільшення напруження, а в іншому – ні, потрібно виконати спеціальні дослідження, які з очевидних причин під час даної роботи не проводилися. У даному випадку для

нас дуже важливий сам факт збільшення напруження в підшві гостряка переводу, укладеного без прямої вставки із суміжним, невинпадковість якого підтверджується обома виконаними експериментами та одержаними розподілами напружень по довжині гостряка.

Як уже зазначалося, для переводів проекту 1740 збільшення напруження в підшві гостряка, зареєстроване під час циклу $d = 0$, не має особливого значення, тому що допустима величина в цьому випадку не перевищується. Інша картина спостерігається для переводів, запроєктованих недавно.

Випробування на міцність нових переводів на залізобетонних брусах типу Р65 марки 1/11 проектів Дн 300, Дн 355 [5, 6] та Дн 345 (результати готуються до друку) показали, що під час протишерстного руху по боковому напрямку зі швидкістю 40 км/год напруження в підшві криволінійного гостряка досягають 240,0 МПа, 255,2 МПа і 253,5 МПа відповідно

(прилади, що реєстрували максимальні напруження, встановлювалися на відстані 3,36...4,34 м від вістря гостряка, як і прилади «17» і «21» – 3,58 м і 4,10 м). Тому зумовлене відсутністю прямої вставки їх ймовірно збільшення на 20 % призведе до появи напружень 288...306 МПа, що більше за нормативну величину 275 МПа.

На нашу думку, головною причиною збільшення напружень у подошві криволінійних гостряків нових переводів є зміни, внесені в конструкцію рамної рейки. У цих переводів по довжині рамної рейки наявна лише одна горизонтальна упорка – біля вістря гостряка, тоді як у переводу проекту 1740 упорки розташовано на кожному брусі від вістря й до кореня гостряка. Вилучення упорок призвело до зменшення загальної горизонтальної жорсткості просторової системи рамна рейка – гостряк нових переводів і, як наслідок, збільшення напружень у подошві гостряків.

Наведені вище результати дають підставу рекомендувати для суміжних стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах, розташованих за першою схемою з прямою вставкою, що не відповідає вимогам ЦП/0138, встановлювати допустимі швидкості руху поїздів (за умови руху по бокових напрямках обох переводів) залежно від наявності або відсутності в конструкції рамних рейок упорок: за наявності – як для одиночних переводів, за відсутності – не більше 25 км/год.

Вплив довжини прямої вставки на напружено-деформований стан переводу за умови руху поїздів по бокових напрямках обох переводів, розташованих за першою схемою

Для визначення особливостей взаємодії рухомого складу та переводу, розташованого за першою схемою без прямої вставки із суміжним, із всіх показників напружено-деформованого стану переводу найбільшою мірою підходять напруження в зовнішній кромці подошви рейки й гостряка. Крім важливості цього показника самого по собі (як уже зазначалося, визначення напружень є головним завданням випробування на міцність), це дозволяє також порівняти сили, що діють на рейкові елементи переводу за кожним із циклів, – напруження є результатом дії обох цих чинників.

Як і завжди під час випробувань стрілочних переводів на міцність, напруження в зовнішній кромці подошви рейки перевищували напруження у внутрішній. Максимальні значення для зовнішніх рейок (рейки, що є продовженням

кривого гостряка) найчастіше реєструвалися під першими за напрямом руху дослідного поїзда осями, для внутрішніх – під другими.

Незважаючи на тип екіпажа, цикл досліджень, номер дослідного переводу, якісні характеристики (положення локальних екстремумів) розподілу напружень по довжині переводу від швидкості не залежать. Швидкість впливає на кількісні характеристики розподілу: з її зростанням значення локальних максимумів збільшуються, досягаючи найбільших величин за швидкості 40 км/год. Одержані в цьому випадку розподіли для кожного екіпажа наведено на рис. 4 і 5. Тут тонкою лінією показані середні значення, товстішою – максимальні ймовірні. Чорний колір – це дані, одержані під час циклу досліджень $d = 0$, сірий – $d = \infty$.

Для визначення істотності різниці між напруженнями, одержаними за різних циклів досліджень, використано двовибірковий t -критерій Стюдента для вибірок з різними дисперсіями (нульова гіпотеза, рівень ймовірності 0,999). Прилади, для яких величина t -критерію перевищує критичне значення, на рис. 4 і 5 обведені кружечком.

Аналіз даних, наведених на рис. 4 і 5, дозволяє зробити такі узагальнення:

- довжина прямої вставки впливає тільки на напружено-деформований стан криволінійних гостряка та рамної рейки переводу. Для найбільш несприятливого випадку ($d = 0$) та типу екіпажа (локомотив) істотна різниця спостерігається на відрізьку, який закінчується в місці розташування приладу «23». Таким чином, ділянка, на якій наявний вплив довжини прямої вставки на напружено-деформований стан стрілочного переводу, закінчується на відстані близько 7,5 м від переднього стику рамної рейки;

- наявна якісна різниця між дією на дослідний перевід локомотива та вагонів. Для електровоза напруження, що зареєстровані приладами, розташованими ближче до вістря гостряка («7», «11», «13»), за циклу $d = 0$ були менші за напруження, одержані за циклу $d = \infty$, а напруження, що фіксувалися приладами «15», «17» і «21» за циклу $d = 0$, перевищували напруження за циклу $d = \infty$. Тоді як для вагонів, незалежно від місця розташування приладу, напруження, одержані за циклу $d = 0$, перевищували напруження, одержані за циклу $d = \infty$.

Для переводу № 29 (див. рис. 4, б-г) це можна пояснити тільки дією значної горизонтальної сили, тому що в цих перерізах вертикальне навантаження від колеса на гостряк відсутнє через його помітне пониження відносно рамної

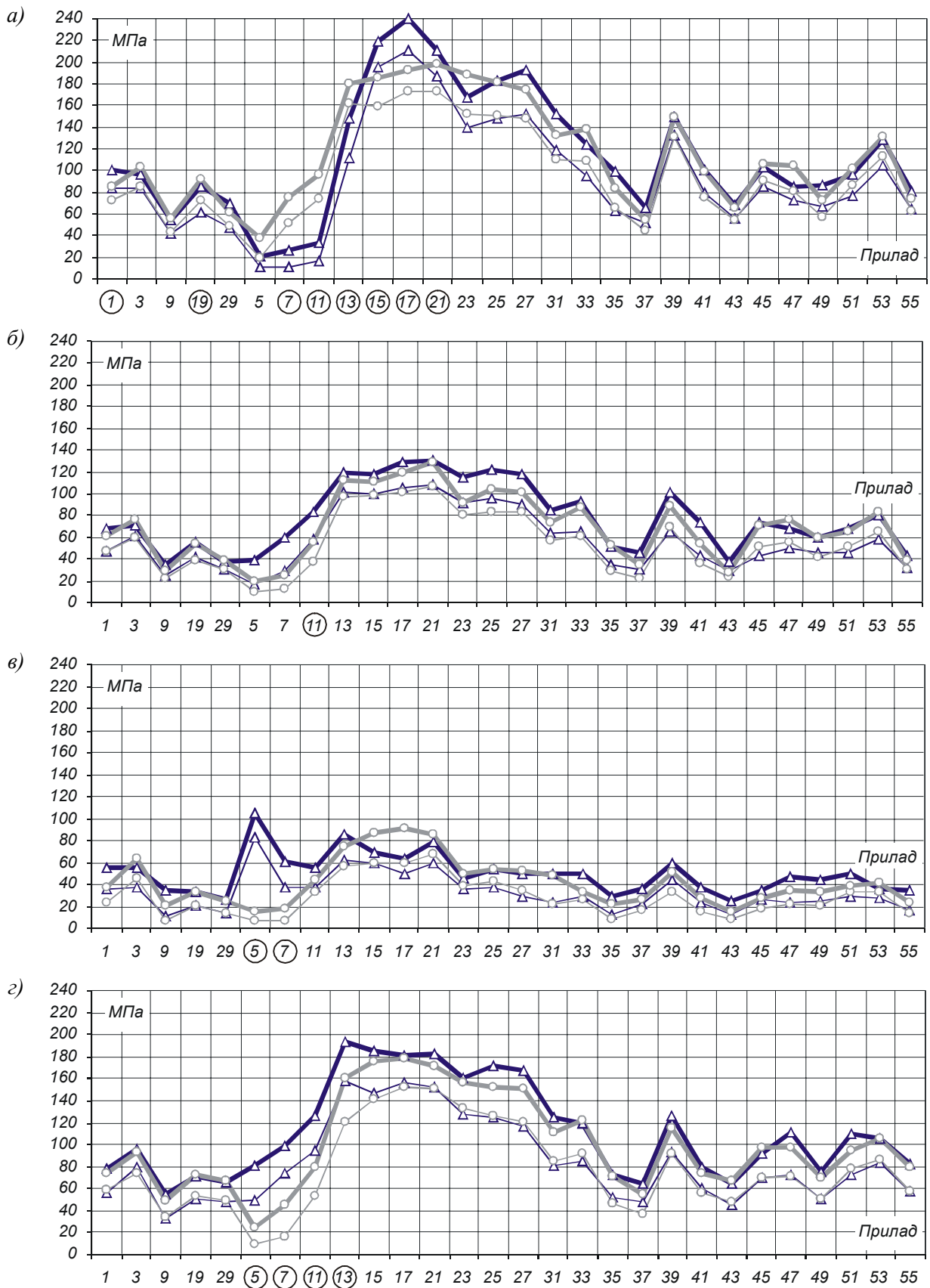


Рис. 4. Напруження в зовнішній кромці підшви рейок та гострика переводу № 29 за швидкості 40 км/год: а – електровоз серії ВЛ11, б – пасажирський вагон, в – порожній піввагон, г – завантажений піввагон

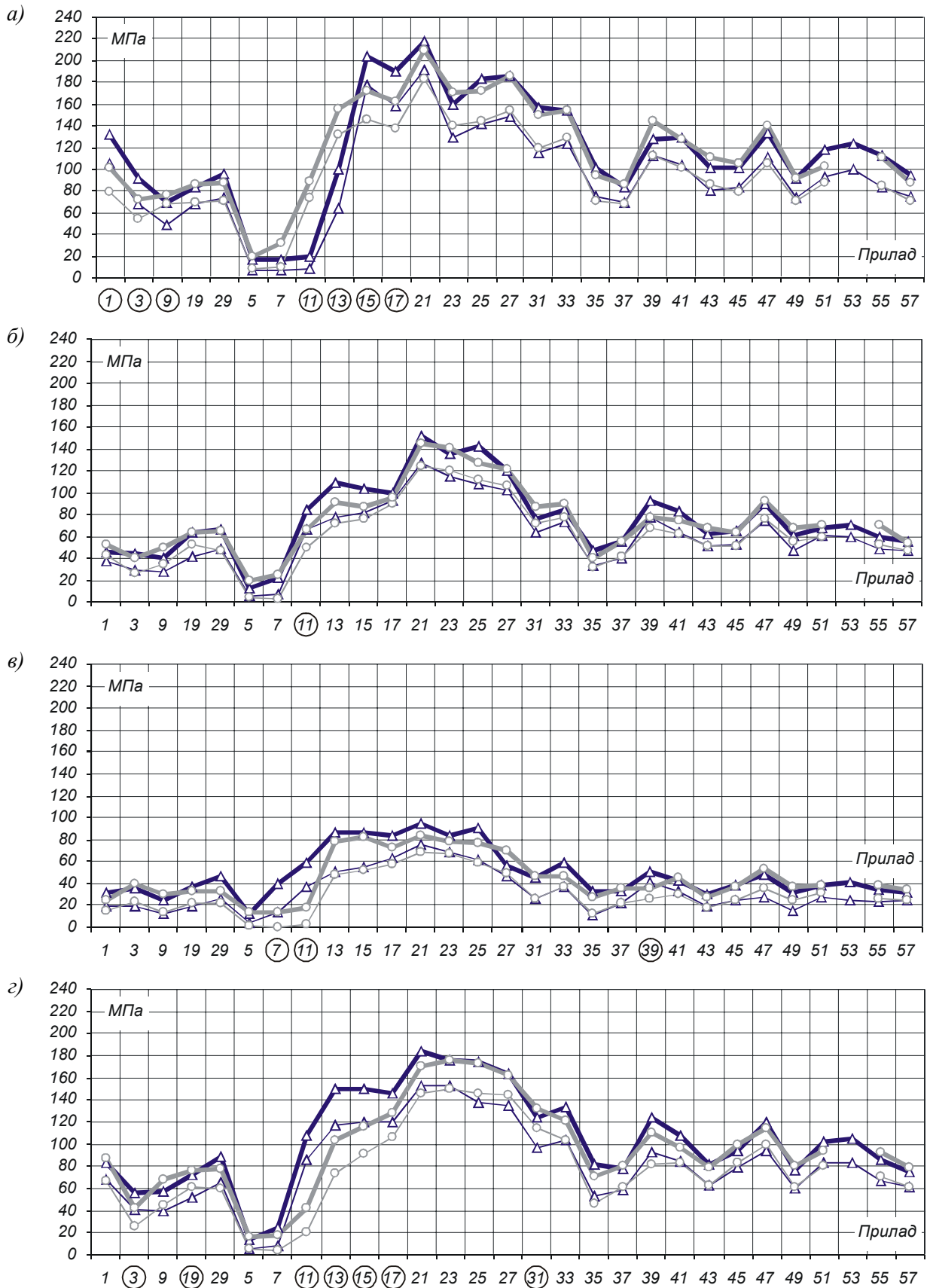


Рис. 5. Напруження в зовнішній кромці підшви рейок та гостряка переводу № 43 за швидкості 40 км/год: а – електровоз серії ВЛ11, б – пасажирський вагон, в – порожній піввагон, г – завантажений піввагон

рейки (табл. 4, прилади «5» і «7»). У решті випадків для однозначного пояснення цього явища підстав немає: тут, крім збільшення горизонтального навантаження, можливе зростання й вертикального – висота гостряка дозволяє;

– довжина ділянки, на якій спостерігається вплив прямої вставки на напружено-деформований стан переводу, залежить від навантаження на вісь: вона більша для локомотива та завантаженого піввагона, менша для пасажирського вагона та порожнього піввагона;

– суттєва різниця між результатами, одержаними для кожного з дослідних переводів, відсутня, що свідчить про їх невідповідність.

Таблиця 4

Висота криволінійного гостряка відповідно до місця розташування приладів, мм

Прилад	Ширина головки, мм	Дослідний перевід	
		№ 29	№ 43
«5»	9	129,6	130,4
«7»	15	132,6	134,8
«11»	22	136,4	137,3
«13»	31	140,4	139,3
«15»	41	140,5	140,0
«17»	50	140,7	140,6

Висновки

1. За критерієм міцності стрілочного переводу результати виконаних досліджень дають підставу рекомендувати для суміжних переводів типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах, розташованих за першою схемою з прямою вставкою, що не відповідає вимогам ЦП/0138, встановлювати допустимі швидкості руху поїздів (за умови руху по бокових напрямках обох переводів) залежно від наявності або відсутності в конструкції рамних рейок суміжних переводів упором: за наявності – як для одиночних переводів, за відсутності – не більше 25 км/год.

2. Ділянка, на якій спостерігається вплив довжини прямої вставки на напружено-деформований стан переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 1740 на залізобетонних брусах, у найбільш несприятливому випадку закінчується на відстані близько 7,5 м від переднього стику рамної рейки.

Зменшення довжини прямої вставки призводить до збільшення горизонтального та, ймовірно, вертикального навантаження на криволінійний гостряк у найбільш уразливому його місці – у межах бокового стругання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0138 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 22.12.05. № 427-Ц. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. – 336 с.

2. Даниленко, Э. И. Результаты испытаний стрелочных переводов типа Р65 марок 1/11 и 1/9 на железобетонных брусьях [Текст] / Э. И. Даниленко, Н. Н. Шавловский // Заліз. трансп. України. – 2000. – № 4. – С. 19-23.

3. Орловський, А. М. Результати натурального випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01 [Текст] / А. М. Орловський, В. П. Гнатенко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 144-152.

4. Гнатенко, В. П. Результати натурального випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 65111Ж [Текст] / В. П. Гнатенко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 186-192.

5. Мойсеєнко, К. В. Напружено-деформований стан стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 300 [Текст] / К. В. Мойсеєнко, В. П. Гнатенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 103-115.

6. Мойсеєнко, К. В. Напружено-деформований стан стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 за даними натурального випробування [Текст] / К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 114-123.

7. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 04.03.10 № 028-ЦЗ. – К., 2010. – 15 с.

8. Мойсеєнко, К. В. Основні положення технології натурального випробування на міцність нового стрілочного переводу [Текст] / К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 37. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – Вип. 37. – С. 125-133.

9. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 13.10.06. № 640-ЦЗ. – К., 2006. – 16 с.

10. ГОСТ 11530–93 Болты для рельсовых стыков железнодорожного пути. Технические условия [Текст]. – Введ. в Украине 01.01.99. – М.: Стандартинформ, 2006. – 7 с.

Надійшла до редколегії 16.05.2011.
Прийнята до друку 25.05.2011.