

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ТИПУ Р65 МАРКИ 1/11 ПРОЕКТУ Дн 355 ЗА ДАНИМИ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Наведено результати натурального випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355.

Ключові слова: стрілочний перевід, випробування на міцність, напружено-деформований стан

Приведены результаты натурального испытания на прочность стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 проекта Дн 355.

Ключевые слова: стрелочный перевод, испытания на прочность, напряженно-деформированное состояние

The results of verification strength test in site of the switch type R65 mark 1/11 of the design Dn 355 are presented.

Keywords: switch, strength test, stressed-and-strained state

Принциповою відмінністю стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 на залізобетонних брусах від своїх попередників – переводів таких самих марки й типу проектів М1740, 65111Ж, Дн 300 – є застосування в його конструкції криволінійного гостряка дотичного типу, тоді як у перерахованих вище використовується січний гостряк.

Наслідком зміни типу гостряка стало збільшення його довжини, що, разом з потребою мати однакову практичну довжину з переводами проектів М1740 та 65111Ж, зумовило зменшення довжини переднього вильоту рамної рейки нового переводу більше ніж на 500 мм. Зміна довжини гостряка вплинула також на схему розкладення брусів під ним: у межах бокового стругання з'явилося шість прогонів по 620 мм (донедавна максимальна відстань між брусами в цій зоні не перевищувала 580 мм).

Крім стрілки, серйозних змін зазнала також конструкція хрестовини. У новому переводі застосовується жорстка хрестовина, у якій найбільш зношені частини вусовиків та сердечника відлиті з марганцевистої сталі у вигляді одного моноблока, а виготовлені зі стандартних рейок закінчення приварені до його торців. Разом зі зменшенням нерівножорсткості у хвості хрестовини та очевидними зручностями в утриманні її заднього стику, це дозволяє вварювати перевід у колію за допомогою алюмініо-термітного зварювання.

У нового переводу є багато спільних рис з переводами проектів М1740 та Дн 300.

У переводів проектів Дн 355 та М1740: збігаються радіуси гостряка та перевідної кривої, ширина колії по прямому та боковому напрям-

ках, починаючи з 25-го бруса – схема розкладення брусів; у проміжному кріпленні застосовується жорстка клема; ідентичні конструкції незалежних контррейок.

З переводом проекту Дн 300 у нового аналогічні конструкції рамних рейок (відсутні горизонтальні упорки) та однакове проміжне кріплення рейок (шурупно-дюбельне).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

Дослідний стрілочний перевід був укладений у колію на початку грудня 2005 року (перевід № 12 ст. Вільнянськ Придніпровської залізниці). Випробування проводилися в другій половині квітня 2006 року. До початку випробування по боковому напрямку переводу було пропущено близько 20 млн т вантажу бруто, по прямому – близько восьми.

На початку та в кінці випробування дослідний перевід обмірювався відповідно до вимог [1]. Обміри виявили, що:

– за рівнем та положенням у плані прямого напрямку перевід утримувався дуже добре, а за шириною колії були наявні відступи в бік збільшення. По прямому напрямку в межах переднього стику рамної рейки, вістря та кореня гостряка ширина колії перевищувала номінал на 9...10 мм, за межами стрілки була в нормі; у перевідній кривій ширина колії перебувала в діапазоні від 1 529 до 1 532 мм;

– майже всі ординати перевідної кривої були менші за нормативні на 5...8 мм (що не суперечить вимогам [1]);

– величина горизонтального зносу гостряка та рейок перевідної кривої становила близько 3 мм. Спостерігалися викришування гостряка в межах вістря довжиною до 80 мм та глибиною до 5 мм, які були вчасно зашліфовані. До упорних накладок та стрілочних подушок гостряки прилягали щільно. Розміри жолобів у хрестовині та контррейках відповідали нормативу.

Аналіз фактичної схеми розкладення брусів вказує на те, що різниця між проектним та фактичним положенням у 85 % брусів не перевищувала 50 мм; у решті випадків різниця доходила до 80 мм. Викликає занепокоєння, що в межах бокового стругання гостряка відстань між брусами № 5 і 6 склала 700 мм, а № 8 і 9 – 680 мм, за норми 620 мм. Для ліквідації цих відступів необхідно під час укладення стрілочних переводів проекту Дн 355 в колію контролювати відстані між брусами в стрілці та негайно усувати виявлені недоліки.

Під час обстеження стану залізобетонних брусів у багатьох з них були виявлені тріщини, а в межах хрестовинного вузла – навіть кілька невеликих виколів бетону. Найчастіше тріщини зустрічалися на боковій поверхні бруса в зоні дюбеля, їх довжини досягали 5 см, розкриття не спостерігалось.

По прямому напрямку дослідного переводу було встановлено 59 приладів, по боковому 89. Схеми їх розташування зображені на рис. 1.

Прилади встановлювалися в місцях, де величини їх показань повинні бути близькими до екстремальних, або якомога частіше в разі відсутності такої інформації (гостряк). Рішення не встановлювати прилади в межах з'єднувальної частини та не визначати горизонтальну силу, що діє на рейкові елементи дослідного переводу під час руху по прямому напрямку, було прийнято з огляду на аналогічність з'єднувальних частин дослідного переводу й переводів проектів М1740 і Дн 300 та наявність результатів, що суттєво менші за допустимі значення. Детальне положення приладів для вимірювання напружень у хрестовині та в межах контррейкового вузла наведено на рис. 2, 3.

Для реєстрації напружень у металевих частинах дослідного переводу та вертикальних сил, що передаються від коліс на рейки, використовувалися прямокутні тензорезистори типу КФ5П1 з базами 20 мм та 10 мм та номінальним опором 200 Ом виробництва ПКФ «Веда» (ТВ 3.06 України 7710-0001-93). Датчики з базою 10 мм застосовувалися у хвостовій частині хрестовини (прилади «45» («47»)–«50» («52»)). Для визначення напружень у підшвах рейок та гостряків, а також у підшві (у межах горла) й рейкових закінченнях хрестовини тензорезис-

тори наклеювалися в межах внутрішньої та(або) зовнішньої кромки (на відстані 5...7 мм від кромки). Прилади для визначення напружень у кромках головки рейки та контррейки наклеювалися на їх неробочих гранях у перерізах посередині ящика (для контррейки в місцях, де закінчувалася її пряма частина й починалося відхилення, та приблизно посередині прямої частини).

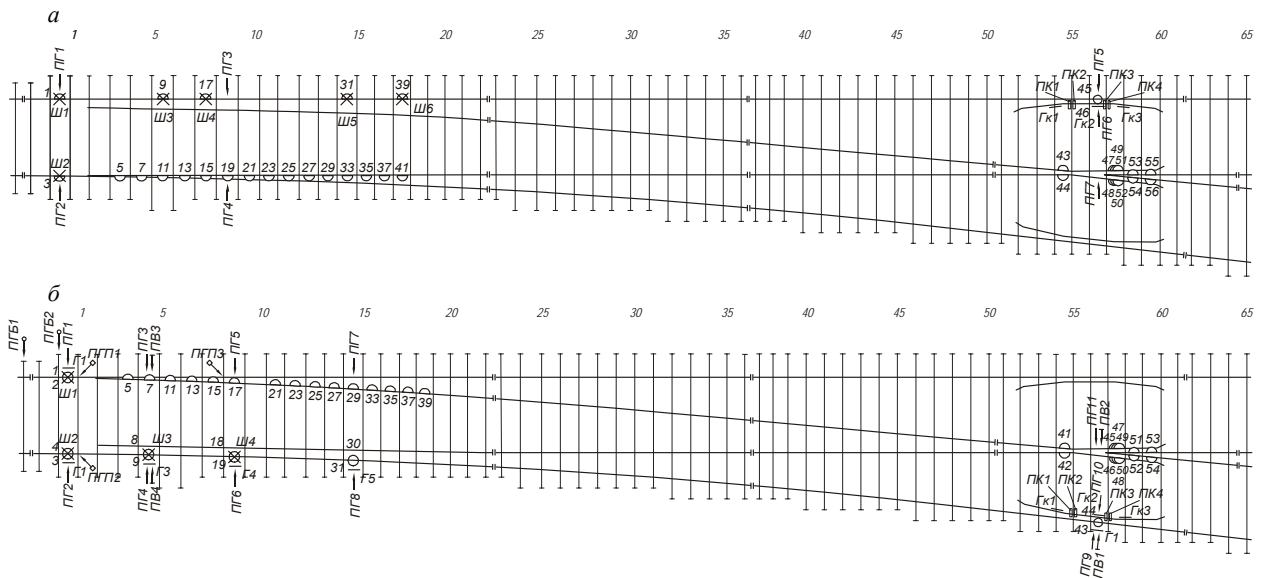
Переміщення рейкових елементів дослідного переводу та брусів визначалися за допомогою прогиномірів типу ЦНИИ. Вертикальні сили встановлювалися за методикою Колієвипробувальної ГНДЛ. Горизонтальні сили одержано за методом д-ра техн. наук О. П. Єршкова у перерізах, де розташовувалися прилади «Г».

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.

Випробування виконувалося під дією дослідного поїзда, який рухався в режимі вибігу.

Під час руху по прямому напрямку переводу поїзд складався з двох електровозів (за швидкостей до 80 км/год включно – серій ВЛ8 і ВЛ11, за більших – два ЧС7), двох пасажирських вагонів на візках моделі КВЗ-ЦНИИ (12,75 т/вісь) і трьох чотиривісних піввагонів на візках моделі 18-100, завантажених щебенем (25,1; 24,5 і 24,1 т/вісь). За швидкостей більше 80 км/год вантажні вагони з дослідного поїзда вилучались, швидкість 140 км/год була реалізована тільки одним електровозом серії ЧС7. Під час випробування по боковому напрямку використовувалися ті самі вагони, що й під час випробування по прямому: половина поїздок була виконана з електровозами серій ВЛ8 і ВЛ11, половина – з двома ЧС2. Поїздки по переводу здійснювалися зі швидкостями: по прямому напрямку – 5, 40, 80, 100, 120 і 140 км/год; по боковому – 5, 15, 25, 40 і 50 км/год.

Статистична обробка та аналіз даних виконані за технологією, наведеною в [2]. Групування даних зроблено таким чином. Під час руху по прямому напрямку для кожного екіпажа вони об'єднувалися без розподілу на окремі осі; по боковому – показання, одержані для локомотива серії ВЛ11 та вагонів, групувалися окремо для перших та других за напрямом руху поїзда осей візків, для локомотива серії ВЛ8, зважаючи на наявність поздовжнього зв'язку між його візками, іншим порядком: група 1 – вісь 1; 2 – 2; 3 – осі 3 та 5; 4 – 4 та 6; 5 – 7; 6 – 8; а вплив кожної осі електровоза серії ЧС2 на перевід розглядався окремо.



Умовні позначення:

- ⊗ – прилад для вимірювання вертикальних сил, що діють на рейкові елементи;
- ∅ – прилад для вимірювання напружень у кромці підшви рейки, гостряка та хрестовини;
- |—| – прилад для вимірювання напружень у неробочих кромках головки рейки та контррейки;
- ↑, ↓ – прилади для вимірювання відповідно вертикальних і горизонтальних переміщень рейки;
- ↔ – прилад для вимірювання горизонтальних переміщень бруса;
- ↔ – прилад для вимірювання горизонтальних переміщень підкладки на брусі;
- – прилад для вимірювань напружень у спеціальній стрілочній підкладці контррейки

Рис. 1. Схема установлення приладів: а – по прямому напрямку перевodu, б – по боковому

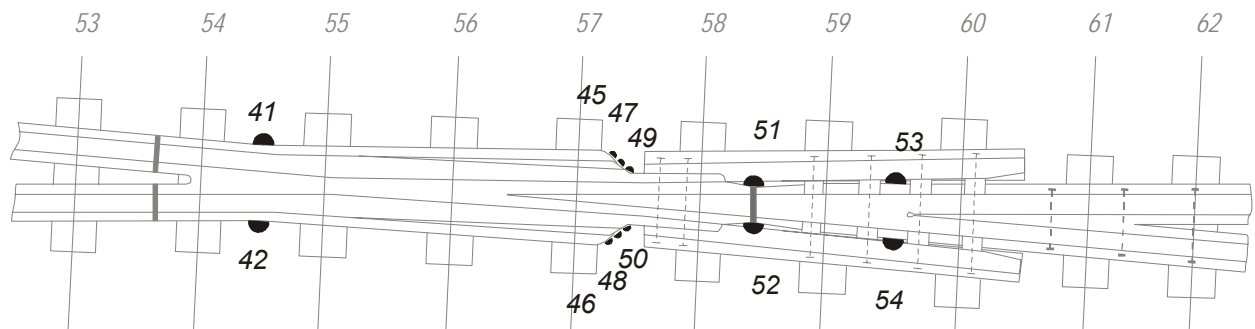


Рис. 2. Схема установлення приладів для визначення напружень у підшві хрестовини



Рис. 3. Розташування приладів для визначення напружень у спеціальній стрілочній підкладці та в неробочій грані контррейки

Допустимі та рекомендовані значення сил, деформацій та напружень у елементах стрілочного перевodu становлять [2]:

1. Напруження, МПа:
 - гостряки275
 - контррейки330
 - решта елементів.....250
 - підкладки, що укладаються в межах незалежної контррейки (рекомендоване) [3]....200
 - підшва хвостової частини хрестовини (рекомендоване) [4]110
2. Вертикальні сили взаємодії колеса та рейки, кН.....200
3. Переміщення рейкових елементів, мм:
 - вертикальні10
 - горизонтальні (рекомендоване).....4

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО ПРЯМОМУ НАПРЯМКУ

Результати випробування відповідно до типу та швидкості руху екіпажів, що входили до дослідного поїзда, наведено в табл. 1 - 4.

Найбільші значення досліджуваних показників спостерігалися під час руху завантаженого піввагона та електровозів серій ЧС7 та ВЛ11 з максимальними швидкостями.

Напруження в рейкових елементах та гостряку. Максимальні напруження в подошві рамних рейок незалежно від типу рухомого складу найчастіше реєструвалися приладом «9», найменші – приладом «17» (різниця між найменшим та найбільшим значеннями складала 180...240 %).

Максимуми напружень у подошві гостряка під час руху вантажних вагонів та локомотивів фіксувалися приладом «21», електровоза серії ЧС7 – «13», пасажирського вагона – приладами «13», «15», «19», «21». Необхідно зазначити, що напруження, зареєстровані приладами, які

розміщувалися в межах бокового стругання гостряка, перевищували напруження, що були зареєстровані приладами поза межами стругання.

Найбільші значення напружень у рамних рейках склали 166,8 МПа, у гостряку – 197,3 МПа, ходовій рейці біля контррейки (прилад «45») – 112,5 МПа. Усі ці значення не перевищують відповідних допустимих величин.

Напруження в хрестовині. Найбільші напруження зареєстровані приладами «51» і «52», вони суттєво перевищують рекомендоване значення. Решта приладів фіксували напруження в межах рекомендованого значення або дещо менші.

На рис. 4 зображено залежності максимальних напружень від швидкості для всіх екіпажів дослідного поїзда; крім максимальних ймовірних величин тут пунктирною лінією позначено також середні значення. Ці дані дозволяють зробити висновок, що конструкція хрестовини в місці сполучення литої частини з рейковими вусовиками недосконала: у всьому діапазоні

Таблиця 1
Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні (σ_{\max}^i) величини напружень у рейкових елементах та хрестовині, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{\sigma}$	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
Рамні рейки												
ВЛ11	75,0	98,6	84,2	121,4	99,1	143,8	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	76,7	94,2	84,0	103,9	106,3	140,8	–	–	–	–	–	–
ЧС7	85,6	107,9	86,4	103,7	80,2	103,4	85,6	115,9	82,7	122,4	115,5	163,9
Піввагон	73,3	100,8	75,1	127,2	102,6	166,8	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	39,8	74,9	42,5	73,7	46,7	73,1	50,8	69,9	49,3	69,3	–	–
Гостряк												
ВЛ11	124,1	142,1	127,2	148,0	141,8	176,1	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	121,3	147,7	124,1	170,0	128,4	177,9	–	–	–	–	–	–
ЧС7	110,7	121,4	112,5	131,4	117,1	149,4	118,7	145,8	128,6	158,0	114,6	167,8
Піввагон	126,6	145,2	130,0	158,2	138,6	197,3	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	74,6	97,8	73,0	100,7	75,2	101,5	66,8	87,6	71,0	94,3	–	–
Ходова рейка біля контррейки												
ВЛ11	64,6	78,0	69,7	87,7	68,4	92,4	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	60,1	76,5	63,0	90,9	63,0	85,2	–	–	–	–	–	–
ЧС7	64,6	77,0	61,2	70,2	67,0	78,8	68,2	97,0	79,9	100,7	65,9	112,5
Піввагон	54,8	80,8	60,3	92,4	60,4	104,0	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	33,3	50,7	32,0	51,6	30,3	45,1	38,6	45,5	37,8	50,8	–	–
Моноблок хрестовини												
ВЛ11	120,9	153,5	123,5	193,0	176,0	232,0	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	115,6	137,4	152,1	205,1	164,9	227,4	–	–	–	–	–	–
ЧС7	108,2	126,1	103,6	146,4	144,7	196,9	175,3	215,0	192,9	234,2	204,6	242,6
Піввагон	101,7	125,5	111,4	140,8	148,6	185,0	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	56,8	79,6	85,3	123,2	120,0	173,4	150,0	174,1	171,6	195,1	–	–
Рейкові закінчення хрестовини												
ВЛ11	39,5	53,4	57,8	68,2	67,3	85,2	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	37,5	46,6	46,7	86,8	74,7	95,3	–	–	–	–	–	–
ЧС7	34,2	39,7	51,5	66,2	69,8	87,9	74,2	87,8	74,4	93,3	54,4	106,5
Піввагон	30,8	48,6	37,9	63,5	55,2	83,1	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	19,4	28,8	20,6	38,5	23,0	53,4	49,9	57,6	56,6	65,6	–	–

швидкостей для електровозів та піввагона не тільки максимальні ймовірні, але навіть середні значення напружень дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її (для пасажирського вагона це твердження відповідає дійсності за швидкостей 80 км/год та більше). Зважаючи на те що рекомендоване значення відповідає межі витривалості сталі Г13Л, з якої виготовлено моноблок, ймовірність виникнення в цьому місці тріщин від утомленості є значною та підвищується зі збільшенням швидкості.

Напруження в підшві рейкових закінчень не перевищують 106,5 МПа, що суттєво менше допустимої величини.

Напруження в контррейці та спеціальних підкладках. Середні та максимальні спостережені значення обох величин наведено в одній таблиці та підрозділі, тому що фізика появи напружень у цих елементах однакова: за наяв-

ності удару колеса об контррейку напруження є, за відсутності – немає (до речі, через це неможна було застосовувати нормальний закон для вирівнювання даних). Зі збільшенням швидкості ефект удару збільшується, тому й максимальні величини напружень зростають, хоча середні значення незначні. Це вказує на те, що під час руху по прямому напрямку стрілочного перевалу колісні пари екіпажів контактують з контррейкою відносно рідко.

За наявності значного горизонтального удару колеса об контррейку найбільші напруження завжди реєструвалися приладами «ГК1» та «ПК1» або «ГК3» та «ПК4». За менших ударів показання приладу «ГК2» іноді дещо перевищували показання приладів «ГК1» або «ГК3» (відповідно до напрямку руху дослідного поїзда). Слід зазначити, що контактів контррейки та колісних пар вагонів було дуже мало, тому й

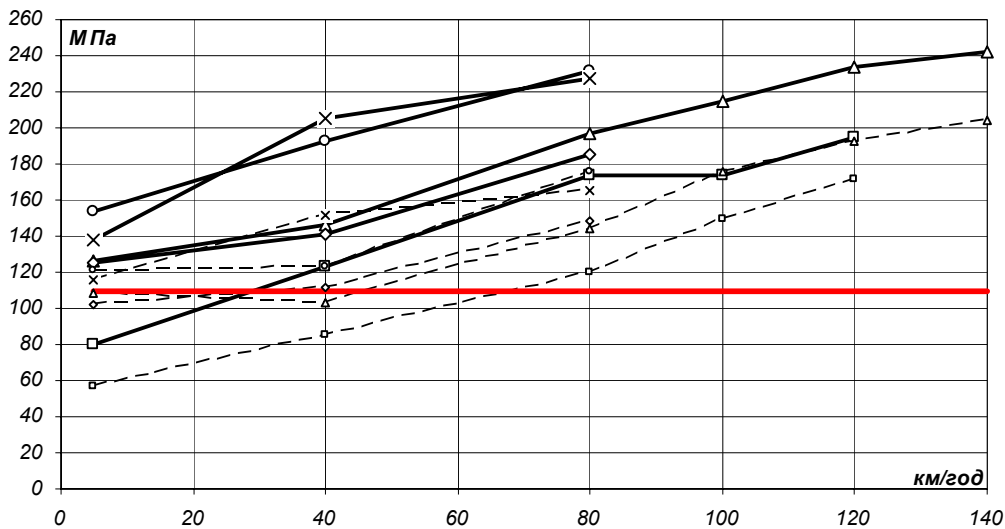


Рис. 4. Залежності максимальних ймовірних та середніх значень напружень у місці сполучення литої частини хрестовини з рейковими вусовиками від швидкості для різних екіпажів

Таблиця 2

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні спостережені ($\sigma_{\max}^{\text{сп}}$) величини напружень у неробочій грані контррейки та в спеціальній стрілочній підкладці, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$
Контррейка												
ВЛ11	4,1	52,7	9,2	62,1	55,0	190,5	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	-24,0	-28,8	-16,1	-30,5	-10,9	64,2	–	–	–	–	–	–
ЧС7	-16,5	-23,4	-19,4	-27,1	-15,3	-26,1	-8,8	45,9	-7,8	112,8	11,7	165,3
Піввагон	-18,1	35,2	-12,8	56,0	-20,4	31,1	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	-14,7	-25,7	-9,4	35,2	-15,1	-26,9	-14,3	-19,0	-6,5	26,6	–	–
Спеціальна стрілочна підкладка												
ВЛ11	30,2	117,5	28,1	131,6	50,5	176,5	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	-22,4	-40,3	-17,2	-44,2	6,8	115,7	–	–	–	–	–	–
ЧС7	-25,7	-32,3	-25,8	-48,8	-16,0	-78,3	-6,5	67,2	-14,0	93,4	46,9	158,6
Піввагон	-10,0	60,0	-1,4	82,2	1,5	50,6	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	-6,7	32,6	-2,6	54,2	-4,4	-41,7	-2,9	13,2	-5,7	36,6	–	–

Середні (\bar{P}) та максимальні ймовірні (P_{\max}^{ii}) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	\bar{P}	P_{\max}^{ii}	\bar{P}	P_{\max}^{ii}	\bar{P}	P_{\max}^{ii}	\bar{P}	P_{\max}^{ii}	\bar{P}	P_{\max}^{ii}	\bar{P}	P_{\max}^{ii}
ВЛ11	125,9	148,5	128,2	169,1	137,7	175,9	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	124,9	147,4	128,3	151,6	144,8	184,8	–	–	–	–	–	–
ЧС7	116,5	149,5	112,2	144,3	129,8	150,9	138,6	172,3	126,9	162,0	136,0	168,2
Піввагон	123,2	151,5	122,8	170,7	146,5	194,8	–	–	–	–	–	–
Пасажи́рський вагон	63,2	88,2	61,0	84,2	67,1	91,4	72,8	95,0	74,0	106,3	–	–

Таблиця 4

Середні (\bar{y}) та максимальні ймовірні (y_{\max}^{ii}) величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	\bar{y}	y_{\max}^{ii}	\bar{y}	y_{\max}^{ii}	\bar{y}	y_{\max}^{ii}	\bar{y}	y_{\max}^{ii}	\bar{y}	y_{\max}^{ii}	\bar{y}	y_{\max}^{ii}
ВЛ11	0,50	1,16	0,50	1,11	1,20	2,05	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	-0,64	-1,43	-0,72	-1,89	0,51	1,89	–	–	–	–	–	–
ЧС7	-0,96	-1,21	-0,88	-1,17	-0,96	-1,48	-1,17	-1,54	1,03	2,05	0,74	2,92
Піввагон	-0,71	-1,34	0,58	2,17	1,49	3,46	–	–	–	–	–	–
Пасажи́рський вагон	-0,58	-1,02	-0,61	-1,06	-0,78	-1,11	-0,73	-1,16	-0,76	-1,20	–	–

Примітка: мінус означає, що переміщення спрямоване всередину колії.

зустрічаються від'ємні максимальні значення (контррейка та підкладка працювали на стискання).

Одержані максимальні величини напружень у контррейці та спеціальних підкладках (190,5 МПа та 176,5 МПа) допустимих та рекомендованих значень не перевищують.

Вертикальні сили. За швидкостей вантажних локомотивів та вагонів близьких до максимальних величини сил наближуються до допустимих значень, але їх не перевищують (максимальна величина складала 194,8 кН).

Горизонтальні переміщення рейок. Максимальне переміщення зареєстровано приладом «ПГ1» під час руху піввагона, воно дорівнює 3,5 мм, що менше рекомендованої величини.

Горизонтальні переміщення ходової рейки, контррейки та хрестовини корелюють з напруженнями в контррейках та підкладках. Їх значення перебувають у таких діапазонах: ходова рейка -1,5...1,7 мм, контррейка -1,8...1,1 мм, хрестовина – -1,0...1,3 мм. Усі ці значення не перевищують рекомендованої величини.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО БОКОВОМУ НАПРЯМКУ

Результати аналізу напружень, сил та деформацій, одержаних під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, наведено в табл. 5 - 10. Найчастіше найбільші значення

спостерігалися під час прямування по переводу електровозів зі швидкостями 40 та 50 км/год.

Напруження в рейкових елементах та гостряку. Найбільші по довжині рамних рейок напруження практично завжди реєструвалися приладом «1» у разі пошерстного напрямку руху дослідного поїзда.

У гостряку в переважній більшості випадків максимальні напруження фіксувалися під час протишерстного напрямку руху приладом «17». Подібно до прямого гостряка в межах бокового стругання криволінійного гостряка середнє значення напружень перевищує аналогічну величину за його межами в 1,5...2,0 разу. Це характерно для обох напрямків руху дослідного поїзда, щоправда, за пошерстного напрямку в тонких перерізах гостряка напруження набагато більші, ніж за протишерстного.

У підосві ходової рейки найбільші напруження досягають 129,9 МПа (прилад «43»), рамних рейок – 213,5 МПа, гостряка – 258,8 МПа, що допустимих значень не перевищує.

Напруження в хрестовині. Одержані напруження аналогічні даним, отриманим під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку. Найбільші напруження зареєстровано приладами «49» і «50». За всіх реалізованих швидкостей для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона, навіть середні значення напружень дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її.

У підозвах рейкових закінчень найбільші напруження досягають 101,2 МПа, що менше допустимої величини.

Напруження в контррейці та спеціальних підкладках. Під час руху локомотивів у 2/3 випадків найбільші напруження спостерігалися в пошерстному напрямку (прилад «ГК3»), решта – у протишерстному (прилад «ГК1»); для вагонів максимальні значення реєструвалися лише за протишерстного напрямку (прилад «ГК1»). Показання приладу «ГК2», що розміщувався на прямій ділянці контррейки, у всіх

випадках були менші за показання приладів «ГК», розташованих на першому за напрямком руху поїзда відхиленні контррейки.

Звертає на себе увагу суттєве перевищення напружень у неробочій грані контррейки, одержаних під час руху самохідних екіпажів у порівнянні з несамохідними, хоча максимальна зареєстрована величина (304,2 МПа) допустиме значення не перевищує.

У спеціальних підкладках найбільші напруження реєструвалися приладом «ГК1» за протишерстного напрямку руху дослідного поїзда,

Таблиця 5

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні (σ_{\max}^i) величини напружень у рейкових елементах, хрестовині, неробочій грані контррейки та спеціальній стрілочній підкладці, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ11	130,5	150,8	138,1	167,0	149,8	184,1	157,0	193,7	165,5	199,0
ВЛ8	157,1	195,4	154,7	175,6	156,2	197,8	163,5	207,2	174,4	198,1
ЧС2	134,8	159,8	134,8	163,0	139,0	170,4	159,5	196,2	175,4	213,5
Піввагон	131,0	160,6	123,6	149,4	130,8	165,9	145,0	176,8	144,8	171,7
Пасажи́рський вагон	76,3	89,8	86,0	113,2	87,1	114,0	89,0	111,8	90,8	117,7
Гостряк										
ВЛ11	173,3	212,6	181,5	223,6	187,9	236,5	203,9	242,7	203,2	234,6
ВЛ8	190,2	211,1	189,8	207,7	193,0	211,4	191,4	221,0	217,5	243,6
ЧС2	210,1	230,8	205,3	229,1	223,7	252,7	235,7	255,2	242,6	258,8
Піввагон	171,2	201,9	168,3	197,3	175,1	205,6	182,2	215,9	185,1	208,8
Пасажи́рський вагон	111,1	137,5	110,7	137,5	116,4	144,2	115,2	140,1	118,5	147,8
Ходова рейка біля контррейки										
ВЛ11	77,1	110,7	81,2	112,3	78,7	112,4	81,3	129,9	73,9	114,6
ВЛ8	84,3	92,0	95,2	106,4	91,1	113,3	94,3	109,7	86,1	100,3
ЧС2	55,2	75,8	62,7	78,1	69,9	81,0	66,9	78,8	72,2	85,1
Піввагон	69,4	88,1	77,0	98,8	76,1	97,4	77,4	100,1	67,8	90,2
Пасажи́рський вагон	44,6	56,1	47,3	63,7	50,6	68,3	43,8	63,3	39,0	67,1
Моноблок хрестовини										
ВЛ11	120,0	152,3	130,8	165,7	130,1	157,8	139,3	166,0	160,5	188,1
ВЛ8	109,6	126,6	124,0	137,6	116,7	135,9	148,8	161,7	135,8	167,4
ЧС2	112,7	128,4	114,2	141,3	125,0	151,4	177,9	192,6	191,2	207,4
Піввагон	108,9	131,6	109,9	126,9	113,6	139,5	116,0	144,7	128,7	165,2
Пасажи́рський вагон	60,1	75,2	60,3	77,9	61,1	80,9	83,2	115,3	92,1	134,8
Рейкові закінчення хрестовини										
ВЛ11	46,6	67,4	47,7	73,9	48,3	72,5	57,9	75,8	62,4	76,0
ВЛ8	46,0	60,9	56,8	69,2	66,5	77,9	78,4	87,5	64,9	88,7
ЧС2	40,9	50,3	47,2	58,5	49,3	63,9	67,5	79,7	62,2	101,2
Піввагон	32,2	48,2	30,8	46,7	30,8	52,3	31,4	53,0	43,4	64,2
Пасажи́рський вагон	15,4	39,3	20,0	44,3	22,5	54,1	24,5	49,3	31,3	51,3
Контррейка										
ВЛ11	–	–	159,7	242,1	169,4	235,2	200,7	264,8	191,9	304,2
ВЛ8	–	–	101,1	131,6	116,9	144,0	108,3	147,4	126,5	182,4
ЧС2	172,7	186,2	149,1	193,2	175,6	204,2	186,2	256,1	203,9	234,0
Піввагон	93,0	129,0	96,5	126,7	102,2	136,5	94,0	134,5	98,5	135,4
Пасажи́рський вагон	69,0	103,1	73,3	122,5	77,9	130,2	91,4	141,2	82,5	142,0
Спеціальна стрілочна підкладка										
ВЛ11	–	–	231,9	266,2	234,2	306,0	245,1	304,7	237,9	314,0
ВЛ8	–	–	168,5	219,7	169,3	229,4	156,3	232,6	142,1	230,9
ЧС2	180,7	220,7	179,0	222,1	204,5	254,0	218,1	260,6	220,2	257,3
Піввагон	138,2	182,6	147,9	217,1	151,1	197,6	153,7	202,0	146,7	205,2
Пасажи́рський вагон	70,8	110,2	83,4	139,4	83,2	147,6	89,2	160,6	84,0	157,1

показання приладу «ПК2» були такого самого порядку, але дещо менші, прилади «ПК3» та «ПК4» (за протишерстного напрямку) реєстрували напруження менші в 2...4 рази.

Максимум напружень зафіксовано під час руху по дослідному переводу електровоза серії ВЛ11 (314,0 МПа), одержана величина перевищує рекомендоване значення в 1,6 разу. Це характерно для всіх локомотивів, що були включені до дослідного поїзда: за всіх швидкостей максимальні напруження були більші за рекомендоване значення. Під час руху вагонів напруження в підкладці значні, але рекомендоване значення практично не перевищують.

Наявність таких значних напружень може викликати появу в підкладках тріщин від утомленості та подальший вихід їх з ладу, що неминуче призведе до порушень безпеки руху поїздів через різке збільшення величини жолоба та втрату контррейкою своїх напрямних функцій.

Одержані результати вказують на потребу проведення додаткових лабораторних випробувань конструкції незалежної контррейки з метою визначення її нормативного й гарантійного термінів служби та на необхідність обов'язкового періодичного обстеження спеціальних стрілочних підкладок контррейок незалежного типу на наявність тріщин.

Вертикальні сили та переміщення рейок. Порівняння вертикальних сил, що зареєстровані по внутрішній та зовнішній рейках, вказує на наявність впливу непогашеного відцентрового прискорення на величину перерозподілу вертикальних сил між рейками. Тому цілком приро-

дно, що сили по зовнішній рейці (напрямній) більші в порівнянні з внутрішньою. І зі збільшенням швидкості руху дослідного поїзда ця різниця збільшується. Максимальна вертикальна сила зареєстрована приладом «Ш1» і складає 195,2 кН, що не перевищує допустимої величини.

Найбільше вертикальне переміщення рамних рейок склало 4,8 мм, хрестовини та ходової рейки біля контррейки – 2,8 мм, що свідчить про хороший стан баластового шару переводу та повністю відповідає нормативу.

Горизонтальні сили. Максимальні значення сил незалежно від типу екіпажа зареєстровано в передньому вильоті прямої рамної рейки за пошерстного напрямку руху дослідного поїзда (найбільша величина склала 132,2 кН). Слід зазначити, що в криволінійній рамній рейці (особливо за невеликих швидкостей) реєструвалися теж значні горизонтальні сили, спрямовані назовні.

За протишерстного напрямку руху дослідного поїзда в передньому вильоті рамних рейок та в перерізі криволінійної рамної рейки між 4-м та 5-м брусами горизонтальні сили були незначні, максимального значення – 45,5...106,6 кН (відповідно до типу екіпажа) – вони досягли в перерізах між брусами 8 і 9 та 14 і 15 за швидкості 15...25 км/год.

Горизонтальні переміщення рейок, підкладок, залізобетонних брусів; зміна ширини колії. Найбільші горизонтальні переміщення рамних рейок та підкладок – 6,6 мм та 2,7 мм –

Таблиця 6

Середні (\bar{P}) та максимальні ймовірні ($P_{\max}^{\text{й}}$) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{P}	$P_{\max}^{\text{й}}$	\bar{P}	$P_{\max}^{\text{й}}$	\bar{P}	$P_{\max}^{\text{й}}$	\bar{P}	$P_{\max}^{\text{й}}$	\bar{P}	$P_{\max}^{\text{й}}$
ВЛ11	146,9	163,8	140,6	167,7	153,6	183,6	161,8	193,2	166,7	190,6
ВЛ8	158,6	178,9	155,7	174,7	158,3	189,3	165,2	194,0	170,9	191,0
Піввагон	136,5	150,4	132,6	155,9	145,7	179,4	156,8	195,2	165,2	188,3
Пасажи́рський вагон	62,9	91,1	76,1	94,9	69,4	93,2	78,1	93,0	82,7	97,0

Таблиця 7

Середні (\bar{H}) та максимальні ймовірні ($H_{\max}^{\text{й}}$) величини горизонтальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{H}	$H_{\max}^{\text{й}}$	\bar{H}	$H_{\max}^{\text{й}}$	\bar{H}	$H_{\max}^{\text{й}}$	\bar{H}	$H_{\max}^{\text{й}}$	\bar{H}	$H_{\max}^{\text{й}}$
ВЛ11	55,2	87,2	61,3	86,4	65,1	97,7	70,7	99,5	76,0	106,9
ВЛ8	73,0	105,4	82,7	104,0	84,5	116,9	96,0	124,0	111,7	132,2
ЧС2	72,8	84,4	71,0	89,7	70,1	86,8	77,5	102,1	98,7	117,3
Піввагон	62,9	76,7	66,3	80,7	71,7	93,1	80,3	102,5	82,3	103,8
Пасажи́рський вагон	25,6	45,5	38,1	52,6	39,6	57,8	41,6	56,2	43,3	60,9

зареєстровано приладами «ПГЗ» та «ПГП1» відповідно за пошерстного напрямку руху дослідного поїзда. Переміщення ходової рейки біля контррейки, контррейки та хрестовини були в інтервалах відповідно 2,0...3,6 мм, -2,1...1,7 мм, -1,1...1,0 мм.

Для дослідження горизонтальних переміщень брусів дослідного переводу прилади встановлювалися на два найкоротші бруси (2,55 м та 3,00 м), що розташовувались у передньому вильоті рамної рейки. Найбільші переміщення зареєстровано приладом «ПГБ2» під час руху дослідного поїзда в пошерстному напрямку (1,0 мм).

Для визначення змін ширини колії показання прогиномірів, що розташовані один напроти іншого, додавалися й одержані суми складали первинні вибірки, які надалі підлягали статистичній обробці та аналізу. Максимальні розши-

рення в межах рамних рейок зареєстровано приладами «ПГЗ» та «ПГ4» – 8,9 мм, хрестовинного вузла – 4,5 мм.

Подібно до результатів випробування переводу проекту Дн 300 [5], горизонтальні переміщення рамних рейок перевищують рекомендовану величину для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона (максимальна величина більша в 1,7 разу). Найімовірніше, що основною причиною цього є конструкція рамних рейок та шурупно-дюбельне кріплення підкладок до брусів, а не застосування гострияка дотичного типу. У будь-якому випадку одержані переміщення вказують на зменшення бокової жорсткості дослідного переводу в порівнянні з переводами проектів 1740 та 65111Ж, що повинно привести до зменшення інтенсивності горизонтального зносу рейок перевідної кривої та гострияка.

Таблиця 8

Середні (\bar{y}) та максимальні ймовірні (y_{\max}^i) величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\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
ВЛ11	4,92	6,44	5,09	6,46	5,09	6,49	5,17	6,57	5,54	6,50
ВЛ8	4,64	5,26	4,67	5,37	4,55	5,47	4,87	5,83	4,95	5,87
ЧС2	5,00	5,77	4,92	5,78	4,80	5,24	5,07	5,77	5,13	5,67
Піввагон	4,18	5,40	4,42	5,70	4,42	6,04	4,51	5,64	4,50	5,99
Пасажирський вагон	2,58	3,50	2,54	3,65	2,45	3,58	2,69	3,83	3,06	3,98

Таблиця 9

Середні (\bar{y}_n) та максимальні ймовірні ($y_{n\max}^i$) величини горизонтальних переміщень підкладок, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{y}_n	$y_{n\max}^i$	\bar{y}_n	$y_{n\max}^i$	\bar{y}_n	$y_{n\max}^i$	\bar{y}_n	$y_{n\max}^i$	\bar{y}_n	$y_{n\max}^i$
ВЛ11	1,84	2,21	1,85	2,22	1,86	2,38	1,89	2,47	1,79	2,26
ВЛ8	1,64	2,70	1,94	2,51	1,74	2,72	1,68	2,58	1,71	2,50
Піввагон	1,81	2,33	1,82	2,28	1,83	2,39	1,67	2,12	1,77	2,18
Пасажирський вагон	1,49	1,92	1,54	1,85	1,61	2,09	1,64	2,11	1,46	1,81

Таблиця 10

Середні ($\bar{\Delta}$) та максимальні ймовірні (Δ_{\max}^i) величини зміни ширини колії, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ11	7,14	8,61	7,50	8,72	7,43	8,76	7,35	8,63	7,79	8,87
ВЛ8	6,31	7,16	7,04	7,71	7,07	7,55	6,98	7,91	7,19	7,86
Піввагон	5,95	7,42	6,46	7,95	6,42	7,96	6,23	7,64	6,22	7,84
Пасажирський вагон	3,52	4,49	3,71	4,85	3,43	4,65	3,87	4,97	4,10	4,97
Хрестовинний вузол										
ВЛ11	2,31	3,14	2,38	3,83	2,36	3,97	2,33	4,00	2,35	3,93
ВЛ8	2,97	3,25	3,21	4,15	3,20	3,67	3,27	4,53	3,07	4,10
Піввагон	1,65	2,37	1,61	2,58	1,51	2,57	1,55	2,35	1,82	2,38
Пасажирський вагон	1,27	2,38	1,14	2,56	1,05	2,58	1,09	3,01	0,87	2,79

ВИСНОВКИ

1. Результати натурного випробування стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 на міцність зі швидкостями руху дослідного поїзда до 140 км/год по прямому напрямку та до 50 км/год по боковому вказують, що показники напружено-деформованого стану переводу не перевищують допустимих величин за всіх реалізованих швидкостей.

2. Для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона, незалежно від напрямку та швидкості руху дослідного поїзда не тільки максимальні ймовірні, але навіть середні значення напружень у місці сполучення литої частини хрестовини з рейковими вусовиками дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її. Це свідчить про те, що конструкція хрестовини в цьому місці потребує удосконалення.

3. Напруження в спеціальних підкладках, що спостерігались під час руху електровозів по боковому напрямку дослідного переводу, перевищували рекомендоване значення.

Наявність таких значних напружень може викликати появу в підкладках тріщин від утомленості та подальший вихід їх з ладу, що неминуче призведе до порушень безпеки руху поїздів через різке збільшення величини жолоба та втрату контррейкою своїх напрямних функцій.

Одержані результати вказують на потребу проведення додаткових лабораторних випробувань конструкції незалежної контррейки з метою визначення її нормативного й гарантійного термінів служби та на необхідність обов'язкового періодичного обстеження спеціальних стрілочних підкладок контррейок незалежного типу на наявність тріщин.

4. Максимальні ймовірні величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху локомотивів та завантажених піввагонів по боковому напрямку дослідного

переводу, перевищують рекомендовані значення за всіх досліджених швидкостей.

Сподіваємося, що зменшення бокової жорсткості дослідного переводу (про що свідчать ці результати) приведе до зменшення інтенсивності горизонтального зносу рейок перевідної кривої та гостряка.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. ЦП-0050 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 06.04.98. № 82-Ц. – К.: Транспорт України, 1999. – 248 с.
2. Рекомендации по определению параметров, необходимых для оценки работы стрелочных переводов при взаимодействии их с подвижным составом. Р755/2 [Текст]: Утв.: Совещанием V комиссии ОСЖД 12-15 ноября 2002 года. – Организация сотрудничества железных дорог, 2002. – 8 с.
3. Орловський, А. М. Результати натурного 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 залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 144-152.
4. СТ ССФЖТ ЦП13–98 «Стрелочная продукция для федеральных железных дорог. Типовая методика динамико-прочностных испытаний» [Текст]. – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 17 с.
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 залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 103-115.

Надійшла до редколегії 22.04.2010.

Прийнята до друку 19.05.2010.