

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ РОБІТ ДЛЯ ЗНЯТТЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПЛАНОМ ЛІНІЇ

Найбільша кількість обмежень пов'язане з параметрами і станом кривих ділянок колії. Для складних ділянок плану лінії розроблена методика визначення вартості перевлаштування кривих при введенні швидкісного руху. Встановлено закон зміни обсягів робіт залежно від методів перебудови кривої: розширення існуючого земляного полотна, присипка нового земляного полотна до існуючого або винесення земляного полотна на нову трас.

Ключові слова: обмеження швидкості, перебудову плану, обсяги робіт, вартість перебудови кривої

1. Історія питання

Велика кількість обмежень швидкості на залізницях України пов'язана з параметрами і станом плану залізничної колії. При цьому вплив стану плану залізничної колії на швидкість визначається тим, до якого рівня несправності відносяться відхилення в стрілах або в підвищеннях у сусідніх точках колії. На наш погляд більш точно й правильно з точки зору безпеки руху поїздів було б визначати вплив стану кривих на швидкість, спираючись на реальну картину виміряних значень кривизни і підвищень, характеристики руху поїздів.

Доцільно визначати непогашені прискорення $\alpha_{\text{нп}}$, швидкість зростання прискорень ψ , швидкість підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки f_v та коливання екіпажу θ , виходячи з виміряних колієвимірювальним вагоном або іншими засобами (в тому числі вимірюванням плану способом стріл, а підвищень – за допомогою шаблону ЦУП) показників кривизни і підвищень в точках колії. Така технологія реалізована в рамках програми RWPlan [1]. На рис.1 представлено вигляд графіку допустимих швидкостей для виміряного стану плану колії.

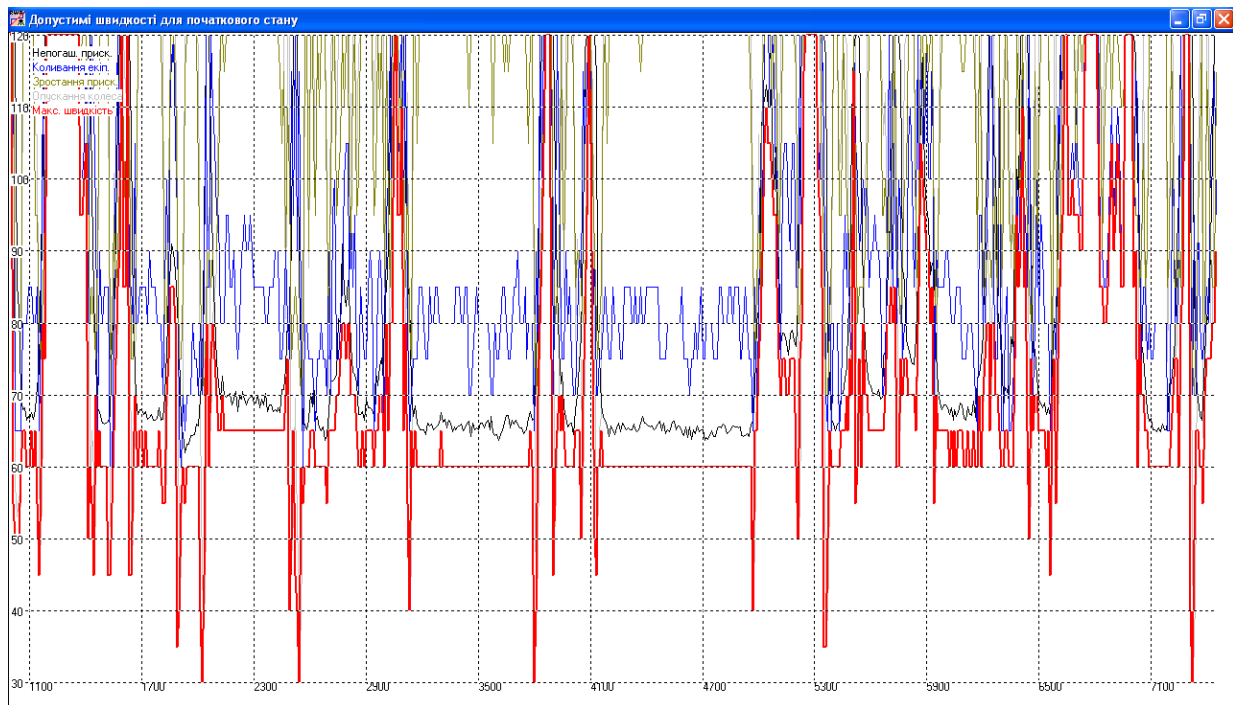


Рис. 1. Графіки допустимих швидкостей для існуючого стану плану: за показниками $\alpha_{\text{нп}}$, ψ , f_v , θ

Показники $\alpha_{\text{нп}}$, ψ , f_v , θ дозволяють, виходячи з потрібних швидкостей, більш точно визначати потребу в роботах з виправлення

плану і, відповідно, з усунення обмеження швидкості.

Обмеження швидкості по плану лінії за параметрами визначаються декількома норматив-

ними документами, основними з яких є ЦП-0138 та ЦП- 0236, ЦП-0020 [2-4]. На допустимі швидкості впливають радіус та підвищення в кругових кривих, довжини перехідних кривих та сполучення цих параметрів на складних ділянках плану.

В ЦП-0236 методика визначення допустимих швидкостей руху по сполученням кривих викладена дуже стисло. Тому при наявності складних сполучень кривих важко правильно визначити необхідний розрахунковий випадок, відповідні критерії та розрахункові формули й отримати вірний результат. Статистика підтверджує, що велика кількість сполучень кривих на залізницях України у ряді випадків приводить до недоцільного обмеження швидкостей руху або, навпаки, до їх завищення і, як наслідок, до погіршення безпеки та комфортабельності руху поїздів, швидкого розладу колії.

2. Мета роботи

Як показали дослідження, обмеження швидкості руху поїздів за радіусами кругових кривих виникає тільки на третині кривих. Набагато більше проблемних місць пов'язані з недостатньою довжиною перехідних кривих. Тому дуже важливим є розрахунок параметрів плану лінії з урахуванням всіх вимог і приведення його до геометрично правильного стану під час виконання ремонтів колії. Метою роботи є визна-

чення об'ємів робіт для зняття обмежень швидкості, пов'язаних з планом лінії.

3. Технологія виконання розрахунків

Зміна параметрів плану може відбуватися в невеликих межах. Але в такому випадку й підвищення швидкості буде відносно невеликим. Значного підвищення швидкості можна досягти при суттєвих змінах параметрів кривих з виносом траси на нове земляне полотно. Такі роботи вимагають великих витрат і, хоч зростання швидкості в окремо взятій кривій начебто буде великим, вигреш у часі руху поїздів буде відносно невеликим і практично ніколи не окупиться.

В п. 4.8 ЦП-0236 передбачається застосування однакової обмежуючої швидкості на відстані 5 км (в складних умовах 2 км для пасажирських та 2,5 км – для вантажних поїздів). Для визначення скорочення часу руху поїзда по ділянці довжиною 4 км за умови збільшенні швидкості на кривій в середині такої ділянки були виконані розрахунки при довжині дії обмеження 2 км для пасажирських поїздів і 2,5 км – для вантажних.

В табл. 1 наведена економія часу руху (с) при відміні обмеження швидкості V_n і встановленні нової швидкості V_p для пасажирського поїзда. На рис. 2 приведені скорочення часу руху при зміні швидкості на 10 та 20 км/год.

Таблиця 1

Економія часу руху при відміні обмеження швидкості

V_p , км/год	Економія часу руху (Δt , с) при швидкості V_n , км/год													
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
20	156	238	290	327	354	375	392	406	418	428	436	443	449	454
30		82	134	171	198	219	236	250	262	272	280	287	293	298
40			52	89	116	137	154	168	180	190	198	205	211	216
50				37	64	85	102	116	128	138	146	153	159	164
60					27	48	65	79	91	101	109	116	122	127
70						21	38	52	64	74	82	89	95	100
80							17	31	43	53	61	68	74	79
90								14	26	36	44	51	57	62
100									12	22	30	37	43	48
110										10	18	25	31	36
120											8	15	21	26
130												7	13	18
140													6	11
150														5

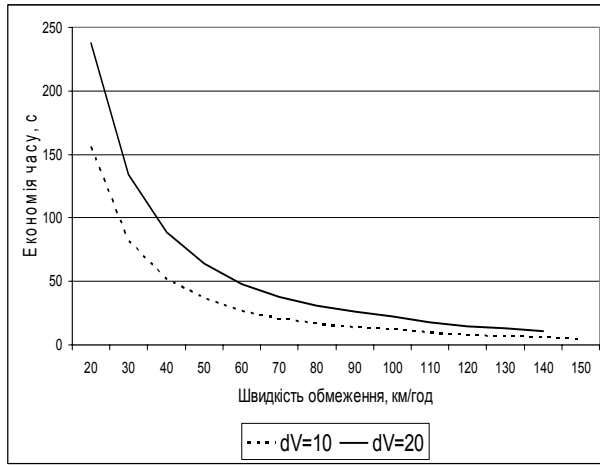


Рис. 2. Залежність економії часу від початкової швидкості обмеження

В табл. 2 показані час руху та витрати електроенергії пасажирського поїзда при проїзді по дослідній ділянці з різними швидкостями. Для прикладу розглядався пасажирський поїзд масою 1000 т з локомотивом ЧС7, який рухається по горизонтальній площадці.

Як впливає з табл. 2, суттєвий ефект в часі та у витратах електроенергії має місце тільки при невеликих швидкостях. При зростанні швидкості до 140 км/год й більше витрати електроенергії починають зростати.

Таблиця 2

Час руху та витрати електроенергії пасажирського поїзда при відміні обмеження

V , км/год	Час руху t та витрати електроенергії A при швидкості V_H							
	20	30	40	50	60	70	80	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9
t , с	544	388	306	254	217	190	169	152
A , кВт·год	119	107	94	80	68	57	47	39

V , км/год	Час руху t та витрати електроенергії A при швидкості V_H							
	100	110	120	130	140	150	160	
I	10	11	12	13	14	15	16	
t , с	138	126	116	108	101	95	90	
A , кВт·год	34	30	27	27	33	43	54	

Для оцінки ефекту від зняття обмежень для вантажного руху був прийнятий поїзд масою 3500 т з локомотивом ВЛ10. В табл. 3 приведена економія часу руху при відміні обмеження швидкості V_H і встановлені нової швидкості V_H для вантажного поїзда.

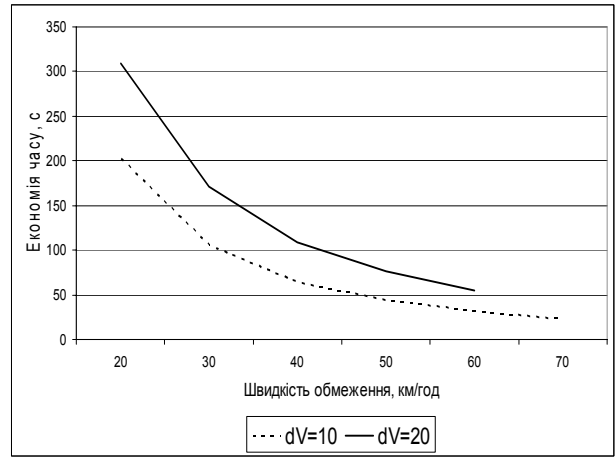


Рис. 3. Залежність економії часу від початкової швидкості обмеження

На рис. 3 приведені скорочення часу руху при зміні швидкості на 10 та на 20 км/год.

Таблиця 3

Економія часу при відміні обмеження швидкості

V_H , км/год	Економія часу Δt (с) при швидкості V_H (км/год)					
	30	40	50	60	70	80
20	203	309	374	418	450	473
30		106	171	215	247	270
40			65	109	141	164
50				44	76	99
60					32	55
70						23

В табл. 4 наведено час руху та витрати електроенергії вантажного поїзда при проїзді по дослідній ділянці з різними швидкостями. Аналіз результатів показав, що для вантажного поїзда для даної ділянки зняття обмежень призводить до зменшення витрат електроенергії.

Таблиця 4

Час руху t та витрати електроенергії A вантажного поїзда

V , км/год	20	30	40	50	60	70	80
t , с	653	450	344	279	235	203	180
A , кВт·год	126	121	118	117	110	108	100

Об'єми і вартість робіт для конкретних ділянок в залежності від встановленого рівня максимальної швидкості були визначені з викори-

станням програми RWPlan. Для попереднього аналізу можливостей підняття швидкості за рахунок рихтування кривих виконані наступні розрахунки. Розглядалися криві з радіусами 600, 800 та 1000 м з перехідними кривими від 20 до 60 м та довжиною кругової кривої 50, 500 та 1000 м.

В розрахунках були прийняті наступні нормативи: непогашене прискорення $\alpha_{\text{нп}}=0,7 \text{ м/с}^2$; швидкість зростання прискорень $\psi=0,6 \text{ м/с}^3$; швидкість підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки – у відповідності до таблиці 4.1 ЦП-0236 (для швидкості 160 км/год $f_v = 35 \text{ мм/с}$).

Для початкового стану цих кривих були визначені максимальні швидкості (V_{max} , км/год) пасажирських поїздів (табл. 5).

Таблиця 5

Швидкості руху пасажирського поїзда в залежності від параметрів кривих

R , м	600			800			1000		
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60
V_{max} , км/год	77	90	96	85	101	108	90	111	118

Для оцінки ефективності збільшення швидкості в кривих ділянках колії розглядалися варіанти рихтування кривих на 60 мм (поточне утримання, середні ремонти), 100 мм (капітальний ремонт), 200 та 300 мм (капітальний ремонт з рихтуванням в межах земляного полотна), 5 та 10 м (винос траси в межах смуги відведення). Також розглядалося збільшення швидкості до 160 км/год з підрахунком величини зміщення осі траси.

Таблиця 6

Зміщення осі колії S та економія часу руху Δt при забезпеченні в кривих швидкості 160 км/год

R , м	600			800			1000		
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60
Δt , с	71	65	60	69	54	43	65	37	23
S , м ($K = 50$)	2,2	3,5	5,0	1,1	1,7	2,4	0,6	0,9	1,2
S , м ($K = 500$)	115	124	133	54	58	66	29	31	33
S , м ($K = 1000$)	441	458	476	249	261	273	120	125	130

В табл. 6 приведені значення зміщення осі S (м) та економія часу (Δt , с), які потрібні для того, щоб забезпечити на кривій з відповідними параметрами швидкість руху 160 км/год.

Величини швидкостей (V , км/год) та

економії часу руху (Δt , с), яких можна досягнути при відповідних рихтуваннях наведені в табл. 7–9 для радіусів 600, 800 та 1000 м. Якщо рихтування кривої не давало ефекту, клітинки в таблиці не заповнювались.

Таблиця 7

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 600 м

R , м	600									
K , м	50			500			1000			
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60	
$S = 60 \text{ мм}$	V км/год	90	94	98	91	96	98	91	95	99
	Δt , с	16	9	8	17	12	8	17	11	9
$S = 100 \text{ мм}$	V км/год	92	96	99	94	98	99	94	97	
	Δt , с	19	12	9	21	14	9	21	13	
$S = 200 \text{ мм}$	V км/год	97	99	101	98	99		98	98	
	Δt , с	25	16	12	26	16		26	14	
$S = 300 \text{ мм}$	V км/год	102	102	103	99			99		
	Δt , с	31	19	14	27				16	
$S = 5 \text{ м}$	V км/год				102	101	101	99		
	Δt , с				31	18	12	27		
$S = 10 \text{ м}$	V км/год				105	104	104	100	100	100
	Δt , с				34	22	15	29	17	10

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 800 м

$R, \text{ м}$		800								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	104	108	109	104	108	111	104	108	111
	$\Delta t, \text{ с}$	27	13	5	27	13	7	27	13	7
$S = 100 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	107	110	111	108	110		107	111	
	$\Delta t, \text{ с}$	30	15	7	31	15		30	16	
$S = 200 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	114	114	114	111	111		111		
	$\Delta t, \text{ с}$	37	20	10	34	16		34		
$S = 300 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	120	118	116						
	$\Delta t, \text{ с}$	43	23	12						
$S = 5 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				116	116	115	112	112	112
	$\Delta t, \text{ с}$				39	22	11	35	18	8
$S = 10 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				121	120	120	113	113	113
	$\Delta t, \text{ с}$				44	25	15	36	19	9

Таблиця 9

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 1000 м

$R, \text{ м}$		1000								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	113	116	121	116	117	122	115	117	121
	$\Delta t, \text{ с}$	31	7		35	8		34	8	
$S = 100 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	116	119	122	121	120		118	120	122
	$\Delta t, \text{ с}$	35	10		39	11		36	11	
$S = 200 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	125	125	126	122	122		122	122	
	$\Delta t, \text{ с}$	43	15	3	40	12		40	12	
$S = 300 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	133	130	130						
	$\Delta t, \text{ с}$	49	19	6						
$S = 5 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				129	129	128	124	124	124
	$\Delta t, \text{ с}$				46	18	5	42	14	2
$S = 10 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				136	135	134	125	125	125
	$\Delta t, \text{ с}$				52	23	9	43	15	2

Розрахунки достатньо переконливо показують, що намагання на деяких залізницях підвищувати швидкість до 160 км/год при зміщенні осі колії в межах смуги відведення не дають ніякого суттєвого ефекту у порівнянні з рихтуванням колії в межах основної площадки земляного полотна.

Деяко неочікуваний результат розрахунків полягає в тому, що вигреш в часі при рихтуванні колії в межах земляного полотна при великих значеннях радіусу є більшим, порівняно з меншими радіусами.

Розрахунки достатньо наочно показують, що при проектуванні ремонтів колії можна досягнути суттєвого вигрешу в часі руху тільки за рахунок виконання вимог ЦП-113 (пп. 2.3.2-2.3.4 виправлення кривих в плані з відновлен-

ням проектних радіусів), тобто встановлювати колію при капремонті в проектне положення.

При рихтуванні колії на відстань більшу за 60 мм будуть виникати додаткові обсяги робіт, які пов'язані з роботами по контактній мережі та досипці баласту. Такі додаткові обсяги достатньо просто визначаються при розрахунках перебудови плану лінії в програмі RWPlan.

Слід відзначити, що в багатьох випадках при визначенні нових параметрів плану під більшу швидкість були отримані рішення, при яких зменшувався радіус але збільшувалася довжина перехідної кривої. Значення радіусів кругових та довжин перехідних кривих, які були отримані при розрахунках, наведені в табл. 10–12.

Таблиця 10

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 600 м)**

$R, \text{ м}$		600								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S=60$ мм	$R_n, \text{ м}$	577	566	604	599	599	600	600	600	600
	$\Delta t, \text{ с}$	40	56	60	39	53	60	38	50	65
$S=100$ мм	$R_n, \text{ м}$	603	587	619	598	598	600	599	600	
	$\Delta t, \text{ с}$	41	57	60	49	60	70	47	57	
$S=200$ мм	$R_n, \text{ м}$	655	615	650	597	600		599	600	
	$\Delta t, \text{ с}$	46	61	60	52	63		60	61	
$S=300$ мм	$R_n, \text{ м}$	685	647	681	600				600	
	$\Delta t, \text{ с}$	56	64	60	65				63	
$S=5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				647	631	631	600		
	$\Delta t, \text{ с}$				72	63	70	63		
$S=10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				694	678	678	615	615	615
	$\Delta t, \text{ с}$				72	72	70	63	63	65

Таблиця 11

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 800 м)**

$R, \text{ м}$		800								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S=60$ мм	$R_n, \text{ м}$	790	785	794	798	797	799	799	800	800
	$\Delta t, \text{ с}$	42	56	68	42	57	70	42	54	63
$S=100$ мм	$R_n, \text{ м}$	818	793	797	796	797		799	800	
	$\Delta t, \text{ с}$	46	61	75	54	64		51	64	
$S=200$ мм	$R_n, \text{ м}$	897	864	847	796	797		799		
	$\Delta t, \text{ с}$	54	61	76	64	67		64		
$S=300$ мм	$R_n, \text{ м}$	1013	921	882						
	$\Delta t, \text{ с}$	54	64	76						
$S=5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				882	882	864	812	812	812
	$\Delta t, \text{ с}$				65	68	70	65	65	65
$S=10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				973	955	955	829	829	829
	$\Delta t, \text{ с}$				65	69	70	65	65	65

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 1000 м)**

$R, \text{ м}$		1000								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1022	1018	997	998	998	996	999	999	999
	$\Delta t, \text{ с}$	41	51	72	46	58	76	46	58	72
$S = 100 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1092	1024	1033	993	995		999	999	999
	$\Delta t, \text{ с}$	40	60	69	62	69		95	68	76
$S = 200 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1223	1106	1086	995	994		998	999	
	$\Delta t, \text{ с}$	49	67	74	65	77		68	76	
$S = 300 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1386	1206	1163						
	$\Delta t, \text{ с}$	52	68	77						
$S = 5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				1128	1128	1108	1030	1030	1030
	$\Delta t, \text{ с}$				68	78	78	69	77	77
$S = 10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				1271	1250	1229	1049	1049	1049
	$\Delta t, \text{ с}$				67	79	79	69	78	78

Висновки

1. Проведений аналіз кривих підтвердив необхідність розробки методики щодо перебудови кривих і визначення їхньої вартості при підвищенні швидкостей.

2. При проектуванні ремонтів колії можна досягнути суттєвого виграшу в часі руху тільки за рахунок укладання колії в межах земляного полотна в нове проектне положення.

3. Підвищення швидкості до 160 км/год при зміщенні осі колії в межах смуги відведення не дають суттєвого ефекту у порівнянні з рихтуванням колії в межах основної площадки земляного полотна. Витрати на перебудову кривих в цьому випадку окупаються за межами нормативного терміну або взагалі не окупаються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://brailsys.com>
- Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко [та ін.]. – К. : Транспорт України, 2006 – 248 с.
- Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії. ЦП/0236 [Текст] / М. Б. Курган [та ін.] : Затв. : Наказ Укрзалізниці від 14.12.2010 № 778-Ц. – К., 2010. – 52 с.
- Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. (ДВН В.2.3-19-2008) [Текст]. – К. : Мін-во регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 142 с.
- Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП/0113 [Текст]. – К., 2004. – 32 с.

Надійшла до редколегії 11.01.2012.

Прийнята до друку 12.12.2012.

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ, Н. Б. КУРГАН, Н. П. ХМЕЛЕВСКАЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ ДЛЯ СНЯТИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТИ, СВЯЗАННЫХ С ПЛАНОМ ЛИНИИ

Наибольшее количество ограничений связано с параметрами и состоянием кривых участков пути. Для сложных участков плана линии разработана методика определения стоимости переустройства кривых при введении скоростного движения. Установлен закон изменения объемов работ в зависимости от методов переустройства кривой: расширение существующего земляного полотна, присыпка нового земляного полотна к существующему или вынос земляного полотна на новую трассу.

Ключевые слова: ограничение скорости, переустройство плана, объемы работ, стоимость переустройства кривой

I. P. KORZHENEVICH, M. B. KURGAN, N. P. KHMELEVS'KA

DETERMINATION OF THE WORK SCOPE FOR REMOVAL OF SPEED RESTRICTIONS RELATED TO THE TRACK PLAN

The greatest number of restrictions is related to the parameters and condition of curvilinear track sections. The technique for determination of cost of reorganization of curves at introduction of high-speed traffic for difficult sections of the track plan is developed. The law of work scope change depending on methods of the curve reorganization is established: expanding an existing track bed, adding a new track bed to existing one or shifting a track bed to a new route.

Keywords: speed restriction, plan reorganization, work scope, cost of curve reorganization