

УДК 625.143.482

**ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ МЕТОДОМ ЇХ НАТЯГУВАННЯ**

Канд. ехн. наук В.П. Шраменко, магістрант О.І. Кукота

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА СВАРИВАНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ МЕТОДОМ ИХ НАТЯЖЕНИЯ**

Канд. техн. наук В.П. Шраменко, магистрант О.И. Кукота

**DETERMINATION DESIGN PARAMETERS FOR THE PROCESS OF WELDING THE RAIL LASHES BY THEIR TENSION**

Candidate of Engineering Sciences V.P. Shramenko, undergraduate O.I. Kukota

*У статті визначено параметри та умови виконання робіт при остаточному відновленні цілісності рейкових плітей безстикової колії контактним зварюванням, а також при зварюванні рейкових плітей між собою при їх подовженні в польових умовах методом натягування. Причому йдеться саме про зварювання рейкових плітей при температурах нижче від температури їх закріплення з застосуванням рейкозварювальних машин нового покоління.*

**Ключові слова:** безстикова колія, рейкові пліті, зварювання рейкових плітей, зварювальні машини, натягування рейкових плітей, температура закріплення.

*В статье определены параметры и условия выполнения работ при окончательном восстановлении целостности рельсовых плетей бесстыкового пути контактной сваркой, а также при сварке рельсовых плетей между собой при их удлинении в полевых условиях методом натяжения. Причём речь идёт прежде всего о сварке рельсовых плетей при температурах ниже температуры их закрепления с применением рельсосварочных машин нового поколения.*

**Ключевые слова:** бесстыковая колея, рельсовые плети, сварка рельсовых плетей, рельсосварочные машины, натяжение рельсовых плетей, температура закрепления.

*The parameters and conditions of work fulfillment at the final restoration of the final restoration of the continuous welded track rails integrity with the help of cautionary welding and also during their stretching in the field conditions lengths between themselves during their stretching in the field conditions are identified. It is focused on the welding of continuous length rail at the temperature with the applying of rail-welded machines of a new generation.*

*Taking into account the technical possibilities of such machines, they provide the stretching of rail continuous lengths in the process of welding without previous curve of the continuous length. During this process the productivity of work fulfillment increases and its laboriousness decreases, the temperature conditions of welding work fulfillment extent both the restoration of integrity of broken rail continuous lengths and during creation of long continuous lengths.*

**Keywords:** continuous welded track, welding of rail lengths, welded machines, stretching of continuous lengths, temperature of fastening.

**Вступ.** Як відомо, одним із напрямів підвищення ефективності безстикової колії є збільшення довжини рейкових плітей до довжини блок - ділянки, або цілого перегону і навіть більше. Виготовлення рейкових плітей такої довжини практично стало можливим з появою ефективної технології зварювання їх способом попереднього вигину та

застосуванням клеєболтових ізолюючих стиків підвищеної міцності.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** На відміну від плітей нормованої довжини (короткі пліті довжиною 800 м і менше), які виготовляються на РЗП, довгі рейкові пліті

можуть бути виготовлені тільки в польових умовах безпосередньо в колії. Але при існуючій технології зварювання рейкових плітей, яка ґрунтується на способі попереднього вигину частини рейкової пліті, не завжди можна забезпечити температурні умови виконання цих робіт і, як наслідок, сформувані відповідний температурно-напружений стан.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Численні наукові дослідження [1, 2, 3, 4] і багаторічний виробничий досвід у галузі створення рейкових плітей довжиною більше 800 м переконав науковців і працівників у тому, що з практичної точки зору найбільш ефективним способом виготовлення таких плітей, який істотно не ускладнює існуючих

технологій ремонту і утримання безстикової колії, є зварювання коротких рейкових плітей як у процесі експлуатації, так і в процесі капітального ремонту або модернізації колії способом попереднього вигину.

Не дивлячись на деякі недоліки способу створення рейкових плітей з попереднім вигином і спираючись на застосування малопродуктивних пересувних рейкозварювальних машин ПРЗМ-2, ПРЗМ-3, ПРЗМ-4 з підвісними зварювальними агрегатами К-350, такий спосіб у свій час можна було вважати виправданим. З появою зварювальних машин нового покоління (табл. 1) більш ефективним є спосіб зварювання з натягуванням рейкових плітей.

Таблиця 1

Показники робочих параметрів рейкозварювальних машин

Параметр	Тип зварювальної машини					
	К-350	К-920	К-921	К-922	К-930	К-945
Номінальне зусилля осадки, кН (тс)	450 (45)	1000 (100)	1500 (150)	1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)
Повний робочий хід гідроциліндрів, мм	50	90	140	100	200	400
Час зварювання одного стику, с:						
- у режимі безперервного оплавлення;	180	180	180	180	180	180
- у пульсуючому режимі	-	90	90	90	90	90

**Визначення мети та задачі дослідження.** Виходячи з технічних можливостей сучасних машин у процесі зварювання забезпечується натягування рейкових плітей, за рахунок чого відбувається стиснення розігрітих кінців рейок, а також формується відповідний напружений стан у рейкових плітях. У зв'язку з цим для створення розрахункового напружено-деформованого стану необхідно визначити ряд параметрів зварювального процесу.

**Основна частина дослідження.** Використання можливостей машин нового покоління дає змогу зварювати рейкові пліті за трьома варіантами залежно від температурних умов:

- метод попереднього вигину рейкової пліті;
- метод натягування рейкової пліті (основний);

- метод підтягування рейкових плітей.

Зварювання рейкових плітей з їх натягуванням і введенням в оптимальний інтервал закріплення виконується при температурах нижчих від температури їх закріплення. При цьому завданням виконання зварювальних робіт разом зі зварюванням плітей є створення на ділянці робіт поздовжніх розтягуючих сил (рис. 1).

Відповідно до рис. 1 довжина ділянки робіт складає

$$L = l_{вст} + l_{\epsilon} + 2l_0$$

або

$$L = l_{A-B} + 2l_0,$$

(1)

а величина поздовжньої розтягуючої сили, яку необхідно створити на цій ділянці, становить

$$N_{tp} = \alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t,$$

(2)

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі ( $\alpha = 0,0000118$  1/град);  
 $l_0$  – довжина температурно-рухомого (дишаючого) кінця рейкової пліти;  
 $l_{вст}$  – довжина рейкової вставки;  
 $L_b$  – довжина розкріпленої ділянки пліти (практично вільної від погонного опору);

$E$  – модуль пружності рейкової сталі ( $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа);  
 $F$  – площа поперечного перерізу рейки (для рейки типу Р65  $F = 82,65 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>);  
 $\Delta t$  – різниця між температурою закріплення рейкових плітей  $t_3$  та їх температурою на момент виконання зварювальних робіт  $t_p$ , тобто  $\Delta t = t_3 - t_p$ .

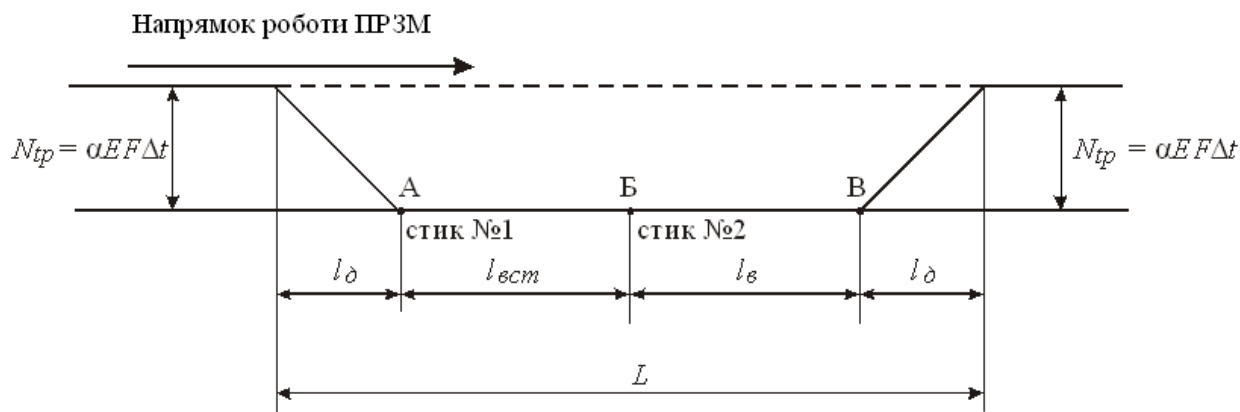


Рис. 1. Розрахункова система для визначення параметрів напружено-деформованого стану рейкових плітей при їх зварюванні на ділянці

Величина необхідного подовження  $\Delta l_{нод}$  кінців плітей, які зварюються в стикі А та В для створення в зоні зварювання і на прилеглих ділянках розрахункових напружень у відповідності з епюрою поздовжніх сил (рис. 1), визначається за формулою

$$\Delta l_{нод} = \Delta l_{А-В} + 2\Delta l_0, \quad (3)$$

де  $\Delta l_{А-В}$  – подовження розкріпленої ділянки А-В;

$\Delta l_0$  – подовження температурно-рухомих кінців плітей, які підлягають зварюванню між собою.

Подовження температурно-рухомих кінців плітей, їх довжина та подовження розкріпленої ділянки колії визначаються за формулами

$$\Delta l_0 = \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot F \cdot \Delta t^2}{2r}; \quad (4)$$

$$l_0 = \frac{\alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t}{r}; \quad (5)$$

$$\Delta l_{А-В} = \alpha \cdot l_{А-В} \cdot \Delta t, \quad (6)$$

де  $r$  – погонний опір рейок або шпал поздовжньому переміщенню ( $r = 25$  кН/м – при замерзлому баласті,  $r = 7$  кН/м – при неущільненому баласті,  $r = 12$  кН/м – при ущільненому баласті).

Враховуючи те, що оплавлення металу в пульсуючому режимі та осадження стиків при зварюванні сучасними зварювальними машинами складає в середньому 25 мм, а сумарне необхідне подовження  $\Delta l_{нод}$  закріпленої ділянки більше, ніж величина оплавлення металу та осадження стиків, то в стикі А та В (рис. 1) необхідно створити зазор між рейковою вставкою і пліттю, що приварюється, який дорівнює

$$\Delta l = \Delta l_{нод} - 25. \quad (7)$$

У такому випадку зварювання проводиться з натягуванням зварюваних плітей.

Якщо величина необхідного подовження  $\Delta l_{под}$  розкріпленої ділянки менша, ніж величина оплавлення металу та осадження, то в стику Б необхідне випередження рейкової вставки відносно пліті, яка приварюється. Величина цього випередження також визначається за формулою (7). Зварювання стику Б в такому випадку необхідно виконувати з застосуванням попереднього вигину частини розкріпленої ділянки пліті. При оплавленні металу до величини  $\Delta l$  відбувається випрямлення вигнутої частини пліті. При подальшому оплавленні металу та осадженні до величини 25 мм буде відбуватися натягування кінців плітей на величину  $\Delta l_{под}$ .

За Технічними вказівками (ЦП-0266) [6], необхідність у створенні розрахункових

розтягуючих поздовжніх сил при зварюванні плітей виникає, коли різниця між температурою закріплення плітей і температурою рейок при виконанні робіт  $\Delta t$  більше 5 °С. Оскільки оптимальна температура закріплення рейкових плітей для залізниць України складає 30 °С ± 5 °С [6], а зварювання плітей повинно бути при температурах рейок не нижче +5 °С, то можливий діапазон зміни їх температури знаходиться в межах від +5 °С до +35 °С, тобто максимальний температурний перепад слід враховувати рівним  $\Delta t = 30$  °С. Для температур у межах цього інтервалу за формулами (1)-(7) визначено параметри для забезпечення контактного зварювання рейкових плітей з їх натягуванням залежно від температурних умов і погонного опору для рейок Р65.

Результати розрахунків наведено в табл. 2 і 3 та у вигляді графіків (рис. 2, 3).

Таблиця 2

Параметри для забезпечення контактного зварювання рейкових плітей з натягом в залежності від температурних умов рейок Р65 при погонному опорі  $r = 7$  кН/м, що відповідає стану з неущільненим баластом

Параметр зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плітей і температурою проведення робіт $\Delta t$ , °С													
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити $N_p$ , кН	102	123	143	164	184	205	225	246	266	287	307	328	348	
Довжина дихаючого кінця рейкової пліті $\Delta l_0$ , м	14,5	17,6	20,4	23,4	26,3	39,3	32,1	35,1	38,0	41,0	43,9	46,9	49,7	
Подовження дихаючого кінця рейкової пліті $\Delta l_0$ , мм	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,2	
Довжина розкріпленої частини рейкової пліті включаючи і довжину рейкової вставки $l_{A-B}$ , м	250				200				150				100	
Подовження розкріпленої частини рейкової пліті $\Delta l_{A-B}$ , мм	14,8	17,7	20,7	23,6	26,6	23,6	26,0	21,2	23,0	24,7	17,7	19,0	20,2	
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{под}$ , мм	16	19	23	26	30	27	30	26	29	32	26	28	31	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Необхідна величина зазора між вставкою і плиттю $\Delta l$ , мм	-9	-6	-2	1	5	2	5	1	4	7	1	3	6
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити $N_{ip}$ , кН	369	389	410	430	451	471	492	512	533	553	574	594	615
Довжина дихаючого кінця рейкової плиті $\Delta l_{\partial}$ , м	52,7	55,6	58,6	61,4	64,4	67,3	70,3	73,1	76,1	79,0	82,0	84,9	87,9
Подовження дихаючого кінця рейкової плиті $\Delta l_{\partial}$ , мм	5,8	6,5	7,2	7,9	8,7	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	14,1	15,1	16,2
Довжина розкріпленої частини рейкової плиті включаючи і довжину рейкової вставки $l_{A-B}$ , м	100			50									
Подовження розкріпленої частини рейкової плиті $\Delta l_{A-B}$ , мм	21,2	22,4	11,8	12,4	13,0	13,6	14,2	14,7	15,3	15,9	16,5	17,1	17,7
Сумарне необхідне подовження кінців плитей $\Delta l_{под}$ , мм	33	35	26	28	30	33	35	37	40	42	45	47	50
Необхідна величина зазора між вставкою і плиттю $\Delta l$ , мм	8	10	1	2	5	8	10	12	15	17	20	22	25

Таблиця 3

Параметри для забезпечення контактного зварювання рейкових плитей з натягуванням залежно від температурних умов рейок Р65 при погонному опорі  $r = 12$  кН/м, що відповідає стану з ущільненим баластом

Параметр зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плитей і температурою проведення робіт $\Delta t$ , °С												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити $N_{ip}$ , кН	102	123	143	164	184	205	225	246	266	287	307	328	348
Довжина дихаючого кінця рейкової плиті $\Delta l_{\partial}$ , м	8,5	10,3	11,9	13,7	15,3	17,1	18,8	20,5	22,2	23,9	25,6	27,3	29,0
Подовження дихаючого кінця рейкової плиті $\Delta l_{\partial}$ , мм	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Довжина розкріпленої частини рейкової пліти включаючи і довжину рейкової вставки $l_{A-B}$ , м	250				200				150				100
Подовження розкріпленої частини рейкової пліти $\Delta l_{A-B}$ , мм	14,8	17,7	20,7	25,2	26,6	23,6	26,0	28,3	23,0	24,8	26,6	28,3	20,1
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{под}$ , мм	15	19	22	27	28	26	29	32	27	29	32	34	27
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю $\Delta l$ , мм	-10	-6	-3	2	3	1	4	7	2	4	7	9	12
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити $N_{пр}$ , кН	369	389	410	430	451	471	492	512	533	553	574	594	615
Довжина дихаючого кінця рейкової пліти $\Delta l_{\delta}$ , м	30,8	32,4	34,2	35,8	37,6	39,3	41,0	42,7	44,4	46,1	47,8	49,5	51,3
Подовження дихаючого кінця рейкової пліти $\Delta l_{\delta}$ , мм	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	10,0
Довжина розкріпленої частини рейкової пліти включаючи і довжину рейкової вставки $l_{A-B}$ , м	100						50						
Подовження розкріпленої частини рейкової пліти $\Delta l_{A-B}$ , мм	21,2	22,4	23,6	24,8	26,0	27,1	14,2	14,8	15,3	15,9	16,5	17,1	17,7
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{под}$ , мм	28	30	32	34	37	39	27	28	30	32	34	36	38
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю $\Delta l$ , мм	3	5	7	9	12	14	2	3	5	7	9	11	13

**Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.** Таким чином, користуючись одержаними розрахунковими параметрами та виходячи з можливостей сучасних зварювальних машин (високі зусилля осадження і затиснення рейок з великим ходом штоків гідроциліндрів

осадження), стає можливим натягування рейкових плітей з формуванням відповідного їх температурно-напруженого стану в процесі зварювання без попереднього вигину. При цьому збільшується продуктивність виконання робіт і знижується їх трудомісткість.

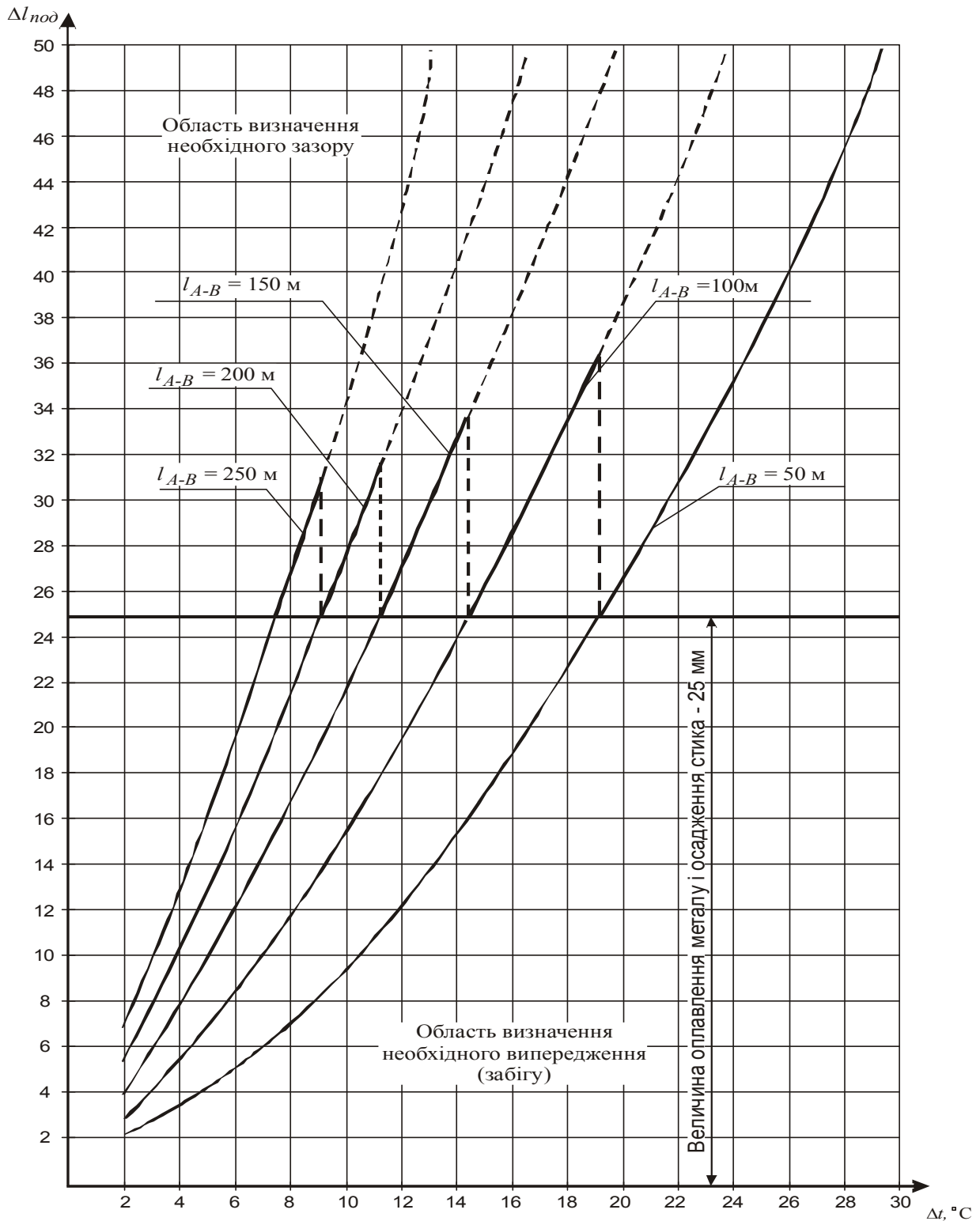


Рис. 2. Залежність необхідного подовження кінця рейкової пліти для забезпечення розрахункового натягування розкріпленої ділянки від температурних умов виконання робіт для рейок Р65 при погонному опорі на дихаючих ділянках  $r = 7$  кН/м, що відповідає стану з неущільненим баластом

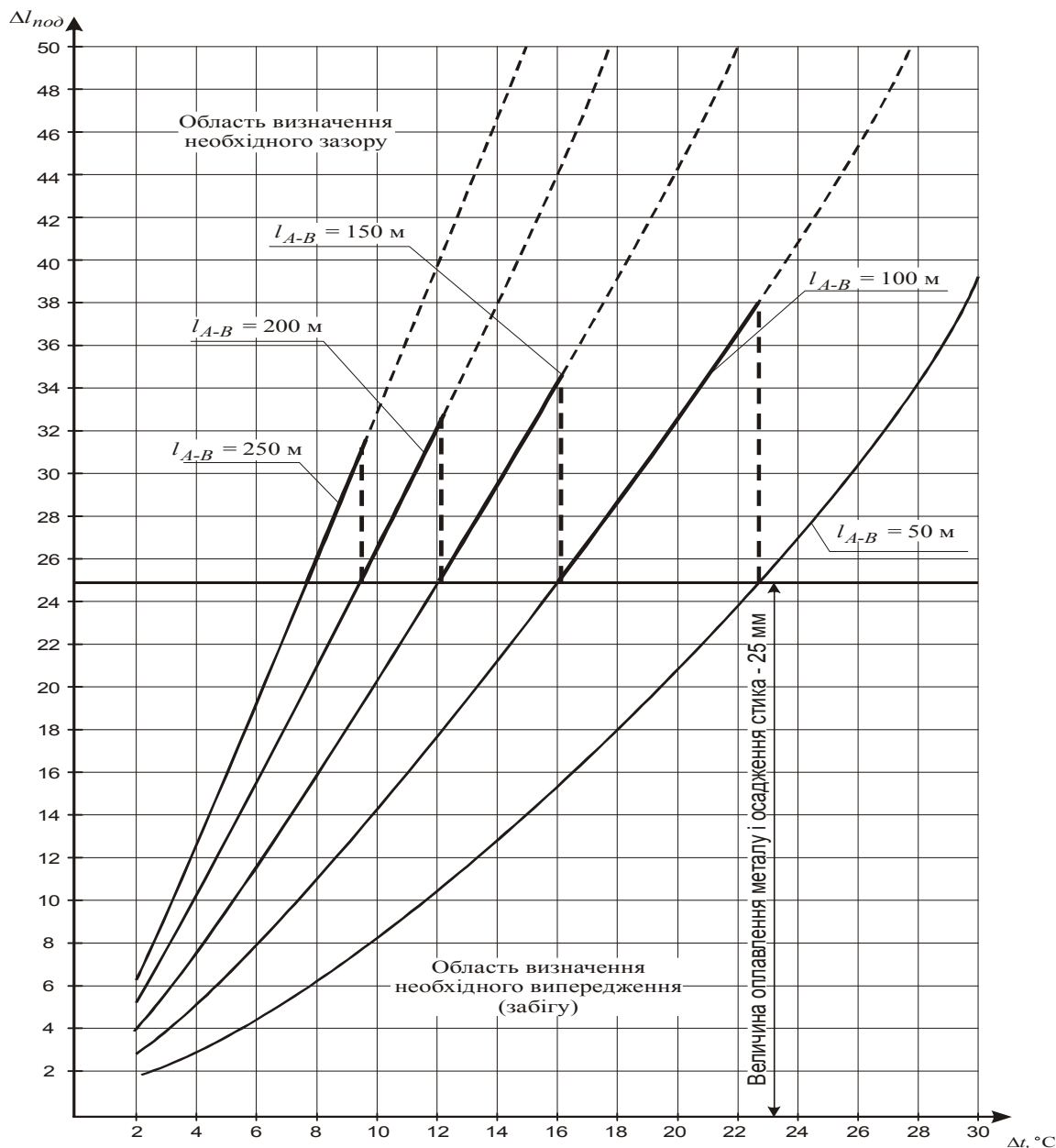


Рис. 3. Залежність необхідного подовження кінця рейкової плити для забезпечення розрахункового натягування розкріпленої ділянки від температурних умов виконання робіт для рейок Р65 при погонному опорі на дихаючих ділянках  $r = 12$  кН/м, що відповідає стану з ущільненим баластом

### Список використаних джерел

1. Шульга, В.Я. Слово в пользу плетей с перегон [Текст] / В.Я. Шульга, В.И. Новакович, В.А. Лаптев // Путь и путевое хозяйство. – 1981. – №9. – С. 28-31.
2. Виногоров, Н.П. Сварка плетей с вертикальным изгибом [Текст] / Н.П. Виногоров, А.А. Луговой, В.Ф. Сушков, В.П. Шраменко // Путь и путевое хозяйство. – 1988. – №9. – С. 23-24.
3. Сушков, В.Ф. О напряженно-деформированном состоянии рельсовых плетей рельсовых плетей при их окончательном восстановлении способом вертикального изгиба [Текст] / В.Ф. Сушков, В.П. Шраменко // Сб. науч. трудов ХИИТ. – 1988. – Вып. 5. – С. 33-37.



4. Возненко, И.Я. О расширении возможностей способа окончательного восстановления рельсовых плетей с изгибом их в вертикальной плоскости [Текст] / И.Я. Возненко, В.П. Шраменко, А.Н. Штомпель, Н.Н. Шавловский // Межвуз. сб. научных трудов ХИИТ, 1992. – Вып. 19. – С. 15-19.

5. Инструктивные материалы по сварочно-наплавочным работам в путевом хозяйстве [Текст]: в 3 ч. / ЦП МПС СССР. – М.: Транспорт, 1991. – Ч. 2. – 104 с.

6. Рибкін, В.В. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст] / В.В. Рибкін, О.М. Патласов, О.І. Белорусов – К.: НВП Поліграф сервіс, 2012. – 106 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Пługін

---

Шраменко Володимир Павлович, канд. техн. наук, професор кафедри колії та колійного господарства, Український державний університет залізничного транспорту. Тел. (058) 730-10-58.

Кукота Олексій Іванович, магістр ІППК, Український державний університет залізничного транспорту.

Vladimir Shramenko, Candidate of Engineering Sciences, professor Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: ( 058) 730-10-58.

Kukota O., undergraduate IPPK Ukrainian State University of Railway Transport.

Наукова праця здана до друку 01.10.2015 р.