

О. М. Даренський, В. Г. Вігольберг, І. Л. Копилов //  
Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 144. – С. 113-118.

---

УДК 625.151

**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКІВ СИМЕТРИЧНИХ  
СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ДЛЯ МАГІСТРАЛЬНОГО І ПРОМИСЛОВОГО  
ТРАНСПОРТУ**

Старш. викл. О. А. Олійник

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТОВ СИММЕТРИЧНЫХ  
СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО  
ТРАНСПОРТА**

Старш. преп. Е. А. Олейник

**PECULIARITY OF PROJECT AND CALCULATION OF SYMMETRIC SWITCHES FOR  
RAILWAY AND INDUSTRIAL TRANSPORT**

**O. Oliinyk**

*У навчальній і довідковій технічній літературі дуже коротко наводяться дані про методичні розрахунки та особливості проектування симетричних стрілочних переводів для різних експлуатаційних умов, у тому числі для магістрального і промислового транспорту. У даній статті наводяться деякі розробки з метою виправлення вказаного недоліку навчальної літератури.*

**Ключові слова:** залізничний транспорт, промисловий транспорт, стрілочні переводи, розрахунки, проектування, гостряки, рейки.

*В учебной и справочной технической литературе очень кратко приводятся данные о методических расчетах и особенностях проектирования симметричных стрелочных переводов для разных эксплуатационных условий, в том числе для магистрального и промышленного транспорта. В данной статье приводятся некоторые разработки с целью исправления указанного недостатка учебной литературы.*

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, промышленный транспорт, стрелочные переводы, расчеты, проектирование, остряки, рельсы.

*Equilateral switch is switch with all elements are arranged symmetrically relative to the axis of the main path. Equilateral switches are widely used in marshalling-yard bays stations, because they work in cramped conditions.*

*Equilateral switch sometimes used when it is necessary to achieve higher speeds on both side of the track. For example, the symmetric transfer switch type R65 frog number 1/11 of the speed limit in the lateral direction 1,75 times greater than for an ordinary switch of the same brand and type.*

*Equilateral switch or applied straight, or with curved blades. Straight tongue to main station track of industrial transport. On the main paths in symmetric switches used curved tongues.*

*In educational and reference literature very briefly presents data on the methodological calculations and design features of symmetric switches for different operational conditions, including for the mainline and industrial transport. This article summarizes some of the developments to remedy this drawback of textbooks.*

**Keywords:** railway transport, industrial transport, railway switches, calculations, switch tongue, rails.

**Вступ.** Розрахунки і проектування симетричних різносторонніх стрілочних переводів має суттєву різницю з розрахунками звичайних односторонніх переводів і є окремим підрозділом у розділі проектування з'єднань і пересічень рейкових колій. На жаль, викладення вказаного підрозділу в навчальній технічній літературі не є достатньо досконалим і в багатьох випадках потребує при проектуванні або пошуку спеціальної технічної літератури, або додаткових самостійних розрахунків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мета та задачі досліджень.** Вивчення і аналіз навчальної і довідкової технічної літератури [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] показали, що розрахунки симетричних різносторонніх стрілочних переводів наведені дуже коротко, в окремих частинах лише фрагментарно і, як правило, із

посиланнями на методику розрахунків звичайних стрілочних переводів, що не є зовсім ідентичними. Тим більше це стосується методик проектування конструктивних вузлів симетричних стрілочних переводів і особливостей їх проектування для різних експлуатаційних умов, у тому числі для магистрального і промислового транспорту. Такої літератури практично нема, а якщо і є [8, 6, 5], то в ній нема рішень вказаних питань.

У даній публікації зроблена спроба виправити вказаний недолік навчальної літератури стосовно розрахунків і проектування симетричних стрілочних переводів.

**Основна частина дослідження.** Відмінними особливостями одиночного різностороннього симетричного стрілочного переводу є:

- симетричність розташування всіх його елементів відносно осі прямої колії;

- за інших рівних умов кути удару коліс у гостряки значно менші, ніж у гостряки звичайних переводів;

- при однакових зі звичайними переходами радіусах перевідних кривих симетричні переходи виходять коротшими;

- при збереженні довжини кривої і радіуса можна застосувати хрестовини з більшим кутом, ніж у звичайному переході;

- при однаковій марці зі звичайними переходами симетричні дозволяють реалізувати суттєво більші швидкості руху поїздів боковими коліями.

Указані якості одиночних різносторонніх симетричних стрілочних переводів визначили собою і їх сферу розповсюдження:

1) симетричні стрілочні переходи дозволяють створювати компактні колійні схеми в стиснених умовах і тому широко застосовуються в сортувальних парках станцій і на коліях промислового транспорту;

2) симетричні стрілочні переходи іноді застосовують, коли потрібно досягти підвищених швидкостей руху на обидві бокові колії. Наприклад, по симетричному стрілочному переходу типу Р65 марки 1/11 допустима швидкість на боковий напрямок

складає  $V_{дон}=70$  км/год, тобто в 1,75 разу більше, ніж для звичайного стрілочного переходу тієї самої марки і типу ( $V_{дон}=40$  км/год).

**Розрахунок основних геометричних параметрів симетричного стрілочного переходу з криволінійними гостряками.** Усі геометричні параметри для симетричного стрілочного переходу (як і для звичайного) визначаються зі складання і розв'язання рівнянь проєкцій розрахункових контурів переходу на вертикальну і горизонтальну осі.

*При криволінійних гостряках* (рис. 1) криволінійна частина симетричного стрілочного переходу складається з двох радіусів: на початку від вістря гостряка до кореня гостряка крива окреслюється радіусом гостряка  $R_0$ , потім від кореня гостряка до початку прямої вставки  $d$  перед хрестовиною крива окреслюється радіусом перевідної кривої  $R < R_0$ .

Початковий кут гостряка не дорівнює куту гостряка в корені  $\beta_{н-1} \neq \beta_{повн-1}$ , кут у кінці перевідної кривої радіуса  $R$  дорівнює  $\frac{\alpha}{2}$ .

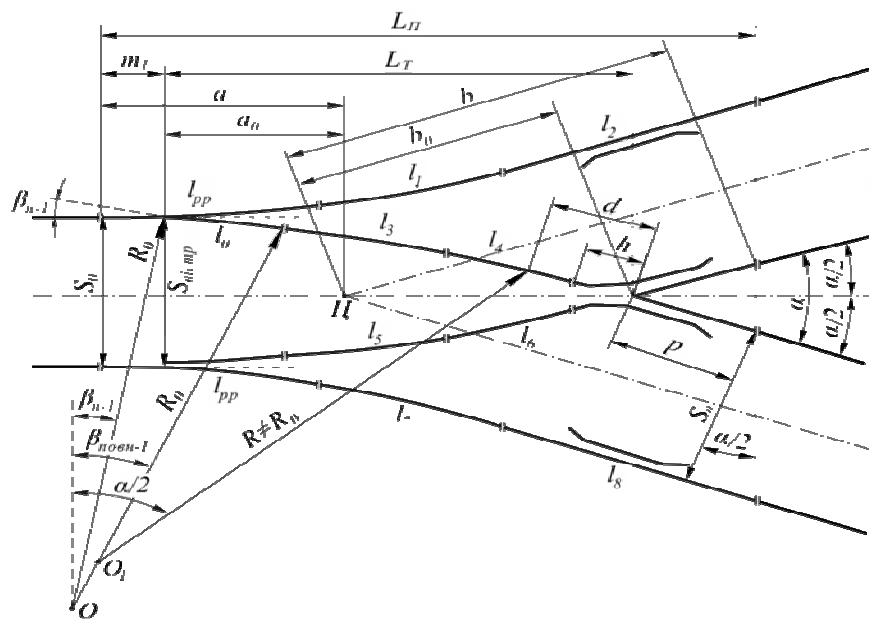


Рис. 1. Схема основних геометричних розмірів симетричного стрілочного переходу з криволінійними гостряками

Рівняння проєкцій розрахункових контурів при  $R_0 \neq R$  мають такий вигляд:

$$\frac{S_0}{2} = R_0(\cos \beta_{n-1} - \cos \beta_{повн-1}) + R(\cos \beta_{повн-1} - \cos \alpha/2) + d \cdot \sin \alpha/2, \quad (1)$$

$$L_T = R_0(\sin \beta_{повн-1} - \sin \beta_{n-1}) + R(\sin \alpha/2 - \sin \beta_{повн-1}) + d \cdot \cos \alpha/2, \quad (2)$$

$$L_{II} = m_1 + L_T + p \cdot \cos \alpha/2. \quad (3)$$

Хід розв'язання задачі при криво-лінійних гостряках приймається таким.

Є, як правило, 2 випадки задавання вихідних даних. 1-й випадок задавання вихідних даних: задана марка хрестовини  $1/N$  і кут  $\alpha$ , початковий кут гостряка  $\beta_{n-1}$ ; 2-й випадок: крім усіх перерахованих параметрів, додатково задана ще теоретична довжина стрілочного перевodu  $L_T$ .

Радіуси гостряка  $R_0$  і перевідної кривої  $R$  визначаються так.

Радіус гостряка  $R_0$  (однаково для 1-го і 2-го випадків задавання вихідних даних) визначається за умови обмеження величини непогашених прискорень  $[j_0]$ ,

що раптово з'являються при вході колісної пари на стрілку на боковий напрямок із заданою швидкістю  $V_{бок}$ , м/с [1]:

$$R_0 \geq \frac{V_{бок}^2}{[j_0]}, \quad (4)$$

де  $[j_0]$  приймається за верхню межу,  $[j_0]=0,65$  м/с<sup>2</sup>;

$V_{бок}$  – швидкість руху по боковій колії, м/с;

$R_0$  – початковий радіус гостряка, м.

Радіус перевідної кривої  $R$  (для 1-го випадку вихідних даних) визначається з 1-го рівняння проєкцій розрахункових контурів:

$$R = \frac{\frac{S_0}{2} - d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - R_0 \cdot (\cos \beta_{n-1} - \cos \beta_{повн-1})}{\cos \beta_{повн-1} - \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (5)$$

де кут гостряка, рад, в корені  $\beta_{повн-1}$  обчислюється за формулою

$$\beta_{повн-1} = \beta_{n-1} + \frac{l_0}{R_0}, \quad (6)$$

а довжина прямої вставки перед хрестовиною береться рівною

$$d_{\min} = h_{np} + l_n/2. \quad (7)$$

Для 2-го випадку вихідних даних радіус перевідної кривої  $R$  визначається з 2-го рівняння проєкцій розрахункових контурів

$$R = \frac{L_T - d \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - R_0 \cdot (\sin \beta_{повн-1} - \sin \beta_{n-1})}{\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \beta_{повн-1}}. \quad (8)$$



Шуканою величиною є довжина бокової строжки гостряка  $\lambda_v$ . Бокова строжка гостряка виконується на довжині  $\lambda_v$  від вістря до перерізу, де гостряк має повну ширину головки  $U_0$ .

Для визначення довжини бокової строжки гостряка  $\lambda_v$  потрібно для початку розрахувати деякі допоміжні величини:

1. Повний початковий кут між робочою гранню гостряка і робочою гранню рамної рейки відповідно до схеми рис. 2 складається з двох кутів:

$$\beta_n = \beta_{n-1} + \beta_{n-2}. \quad (13)$$

2. У виразі (13) невідомим є початковий кут рамної рейки  $\beta_{n-2}$ , його можна визначити з виразу

$$A + \lambda'_v = \sqrt{R_0^2 - (R_0 - B)^2} = \sqrt{(R_{pp}^{6H})^2 - (R_{pp}^{6H} - B_{6H})^2}, \quad (18)$$

де  $B$  і  $B_{6H}$  – стріли сегментів від хорди  $ab$  і хорди  $a_1b_1$  в колах з радіусами  $R_0$  і  $R_{pp}^{6H}$  (див. рис. 2).

$$B_{6H} = U'_0 - [B - (f + f_{6H})] = U'_0 + (f + f_{6H}) - B. \quad (19)$$

У формулі (19) невідомими є довжина  $U'_0$  – відстань між точками  $b$  і  $b_1$ , а також довжина відрізка  $B$ .

Довжину  $U'_0$  можна визначити за формулою

$$U'_0 = \frac{U_0}{\cos \varepsilon_u}, \quad (20)$$

де  $\varepsilon_u$  – кут у кінці бокової строжки гостряка.

$$\sin \beta_{n-2} = \frac{A}{R_{pp}^{6H}}. \quad (14)$$

3. Відстань  $A$  по горизонталі від вістря гостряка до розрахункового вертикального радіуса визначається з виразу

$$A = R_0 \cdot \sin \beta_{n-1}. \quad (15)$$

4. Стріли сегментів  $f$  і  $f_{6H}$  від хорди  $CO$  в колах з радіусами  $R_0$ ,  $R_{pp}^{6H}$  визначаються з виразів

$$f = R_0 \cdot (1 - \cos \beta_{n-1}), \quad (16)$$

$$f_{6H} = R_{pp}^{6H} - \sqrt{(R_{pp}^{6H})^2 - A^2}. \quad (17)$$

5. Для пошуку дійсної довжини строжки гостряка  $\lambda_v$  знайдемо спочатку довжину прямої  $A + \lambda'_v$ . З трикутників  $abo_1$  і  $a_1b_1o_2$  можна отримати

6. Довжину  $B_{6H}$  можна знайти з рис. 2:

Однак у зв'язку з тим, що кут  $\varepsilon_u$  є поки що невідомим, можна з достатньою точністю прийняти для 1-го етапу розрахунків довжину  $U'_0$  рівною

$$U'_0 = \frac{U_0}{\cos(\beta_{n-1} + \beta_{n-2})}. \quad (21)$$

У подальшому після визначення довжини бокової строжки гостряка  $\lambda'_v$  слід уточнити значення  $U'_0$  за формулою (20).

Кут  $\varepsilon_u$  в кінці бокової строжки гостряка визначиться з виразу

$$\sin \varepsilon_u = \frac{A + \lambda'_u}{R_0}. \quad (22)$$

Довжина відрізка  $B$  є стрілою сегмента від напівхорди  $ab$  в колі радіусом  $R_0$ , де напівхорда  $ab = A + \lambda'_v$ . Тому довжину  $B$  можна знайти зі співвідношення, яке існує між стрілою сегмента і напівхордою  $ab$ :

$$\lambda'_v = \sqrt{R_0^2 - (R_0 - B)^2} - A = \sqrt{2R_0B - B^2} - A. \quad (25)$$

8. Дійсна довжина бокової строжки гостряка  $\lambda_v$ , що виконується по прямій  $cb_1$ , визначається з виразу

$$\lambda_v = \frac{\lambda'_v}{\cos \tau}, \quad (26)$$

де кут  $\tau$  визначається з виразу

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{B_{\text{вн}} - f_{\text{вн}}}{\lambda'_v}. \quad (27)$$

Таким чином знайдено всі необхідні величини для визначення шуканої довжини строжки  $\lambda_v$ .

Після визначення  $\lambda'_v$  і  $\lambda_v$  слід уточнити значення  $U'_0$  за формулою (20) і значення кута  $\varepsilon_u$  за формулою (22) і після цього за необхідності (коли нове значення  $U'_0$  буде відрізнятися від попереднього більш ніж на 1,0 %) потрібно зробити перерахунок  $\lambda'_v$  і  $\lambda_v$  при нових значеннях  $U'_0$ .

$$\frac{B}{A + \lambda'_v} = \frac{A + \lambda'_v}{2R_0 - B}. \quad (23)$$

Звідси після підстановки  $(A + \lambda'_v)$  з формули (18) і  $B_{\text{вн}}$  з формули (19) і деяких спрощень отримаємо

$$B = \frac{(U'_0 + f + f_{\text{вн}}) \cdot (2R_{pp}^{\text{вн}} - U'_0 - f - f_{\text{вн}})}{2(R_0 + R_{pp}^{\text{вн}} - U'_0 - f - f_{\text{вн}})}. \quad (24)$$

7. Тепер довжина проекції бокової строжки гостряка  $\lambda'_v$  на горизонтальну вісь знайдеться після перетворень виразу (18)

**Розрахунок довжини рамних рейок і величини переднього і заднього вильотів рамної рейки.** Обидві рамні рейки в симетричному стрілочному переводі мають у плані складне окреслення (див. рис. 3): на 1-му відрізку від переднього стику рамної рейки до точки  $(\cdot)c$  прилягання вістря гостряка рамна рейка прямолінійна і паралельна горизонтальній осі стрілочного переводу; на 2-му відрізку від вістря гостряка  $(\cdot)c$  до кінця горизонтальної строжки гостряка  $(\cdot)b_1$  рамна рейка вигинається по радіусу  $R_{pp}^{\text{вн}}$  і має криволінійне окреслення, причому на відрізку  $cb_1$  прилягання гостряка до рамної рейки, бокова робоча грань і підшва рамної рейки зістругаються по прямій (рис. 3).

З рис. 3 можна побачити, що загальна довжина рамної рейки складається з двох прямолінійних і двох криволінійних відрізків:

$$l_{pp} = m_1 + \lambda_v + l_{pp}^{kp-1} + l_{pp}^{kp-2}. \quad (28)$$

Знайдемо послідовно ці відрізки.

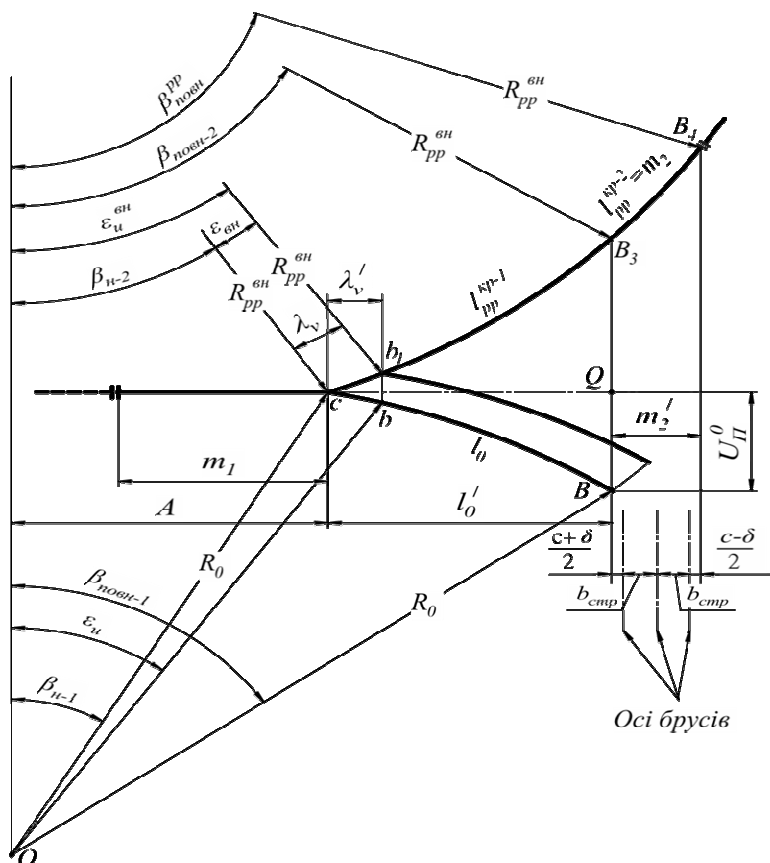


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення довжини рамної рейки симетричного стрілочного переходу з криволінійними гостряками

1. Довжина бокової строжки гостряка  $\lambda_v$ , вздовж якої гостряк прилягає до рамної рейки, вже визначена раніше.

2. Довжина 1-го криволінійного відрізка рамної рейки  $b_1B_3=l_{pp}^{kp-1}$  (рис. 3) визначається з виразу

$$l_{pp}^{kp-1} = R_{pp}^{6H} \cdot (\beta_{повн-2} - \epsilon_u^{6H}). \quad (29)$$

Центральний кут  $\beta_{повн-2}$  (від розрахункового вертикального радіуса до  $(\cdot)B_3$ ) визначається з виразу

$$\sin \beta_{повн-2} = \frac{A + l_0'}{R_{pp}^{6H}}. \quad (30)$$

У рівнянні (30) невідома лише  $l_0'$  - проекція гостряка на горизонталь. Довжина  $l_0'$  (рис. 3) знаходиться з виразу

$$l_0' = R_0 \cdot \sin \beta_{повн-1} - R_0 \cdot \sin \beta_{n-1}, \quad (31)$$

де  $R_0 \cdot \sin \beta_{n-1} = A$  і  $\beta_{повн-1}$  визначено раніше (див. формули (6) і (15)).

Центральний кут  $\epsilon_u^{6H}$  (від розрахункового вертикального радіуса до  $(\cdot)b_1$  - кінця строжки гостряка) можна визначити з рис. 3:

$$\epsilon_u^{6H} = \beta_{n-2} + \epsilon_{6H}. \quad (32)$$

де кут  $\epsilon_{6H}$  визначається з виразу

$$\sin\left(\frac{\epsilon_{6H}}{2}\right) = \frac{\lambda_v}{2R_{pp}^{6H}}. \quad (33)$$

Тут кут  $\beta_{n-2}$  визначено раніше (див. формулу (14)).

Таким чином, визначено всі необхідні величини для розрахунку довжини 1-го



криволінійного відрізка рамної рейки  $l_{pp}^{kp-1}$  за формулою (29).

3. Довжина 2-го криволінійного відрізка рамної рейки  $B_3B_4 = l_{pp}^{kp-2}$ , що є довжиною заднього вильоту рамної рейки  $m_2$ , визначається як

$$l_{pp}^{kp-2} = m_2 = R_{pp}^{gn} (\beta_{повн}^{pp} - \beta_{повн-2}). \quad (34)$$

У рівнянні (34) центральний кут  $\beta_{повн}^{pp}$  у кінці рамної рейки визначається з розгляду схеми розкладання брусів (див. рис. 3):

$$\sin \beta_{повн}^{pp} = \frac{A + l_0' + m_2'}{R_{pp}^{gn}}. \quad (35)$$

З формули (35) знаходиться кут  $\beta_{повн}^{pp}$ , необхідний для формули (34). Після цього за формулою (34) визначається шукана довжина 2-ї криволінійної частини рамної рейки  $l_{pp}^{kp-2}$ .

$$l_2 = l_8 = m_1 - S_{вістр} \sin \beta_{n-1} + \left( R - S_{кр} - \frac{b_z}{2} \right) \cdot \left( \frac{\alpha}{2} - \beta_{n-1} \right) + d + p + S_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - l_{p,p} - l_7 - 2\delta. \quad (36)$$

Довжини рейок  $l_4$  і  $l_6$  визначають виходячи з розгляду сумарної довжини по внутрішній нитці:

$$l_4 = l_6 = \left( R + \frac{b_z}{2} \right) \cdot \left( \frac{\alpha}{2} - \beta_{n-1} \right) + d - l_0 - l_3 - h - 3\delta. \quad (37)$$

Ширина колії  $S_0$ ,  $S_{вістр}$  приймається за «Інструкцією» [9].

Мінімальну довжину рейок не дозволяється приймати менше 4,5 м.

**Висновки з дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку.** Викладена методика дає

4. Довжина переднього вильоту рамної рейки  $m_1$  визначається за допомогою загального принципу розрахунку  $m_1$  для стрілочних переводів: по-перше, з умови розкладання брусів на довжині від переднього стику рамної рейки до вістря гостряка; по-друге, з умови забезпечення плавності відводу розширення колії на довжині від початку гостряків до передніх стиків рамних рейок.

У кінцевому підсумку після визначення всіх необхідних складових визначається довжина рамної рейки  $l_{pp}$  за формулою (28).

**Визначення довжини рейок, що входять до складу симетричного переводу з криволінійними гостряками.** Розрахунки виконуються виходячи з рис. 1. Насамперед приймають довжини рейок

$$l_1 = l_3 = l_5 = l_7 = l_{н.р.} / 2 \text{ (або } l_{н.р.} / 4).$$

Довжини рейок  $l_2$  і  $l_8$  визначаються з урахуванням кривизни гостряка:

можливість детальніше і точніше розраховувати конструкції симетричних стрілочних переводів для магістрального та промислового транспорту. При цьому потрібно враховувати сучасні тенденції удосконалення конструкцій стрілочних переводів [10, 11].

*Список використаних джерел*

1. Даніленко, Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом [Текст]: підруч. для вищ. навч. закл. – у 2-х т. – К.: Інпрес, 2010. – Т. 1. – 528 с.; Т. 2. – 456 с.
2. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст] / Г.М. Шахунянц. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
3. Проектирование железнодорожного пути [Текст] / Г.М. Шахунянц, Ю.Д. Волошко, М.П. Смирнов [и др.]; под ред. Г.М. Шахунянца. – М.: Транспорт, 1972. – 320 с.
4. Основы устройства и расчетов железнодорожного пути [Текст] / В.Г. Альбрехт, М.П. Смирнов, В.Я. Шульга [и др.]; под ред. С.В. Амелина и Т.Г. Яковлевой. – М.: Транспорт, 1990. – 367 с.
5. Стрелочные переводы железных дорог Украины [Текст] / под ред. Э.И. Даниленко [Киев. ин-т ж.-д. трансп.]. – К., 2001. – 296 с.
6. Амелин, С. В. Соединения и пересечения рельсовых путей [Текст] / С.В. Амелин. – М.: Транспорт, 1968. – 268 с.
7. Басилов, В. В. Справочник инженера-путейца [Текст] / В.В. Басилов, М.А. Чернышев. – М.: Транспорт, 1972. – Т.1. – 768 с.; Т. 2. – 519 с.
8. Путь и путевое хозяйство промышленных железных дорог [Текст] / под ред. проф. В.Ф. Яковлева. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с.
9. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) [Текст]: нормат.-техн. видання / Е.І. Даніленко, М.Б. Курган, М.І. Карпов [та ін.]. – К.: Укрзалізниця, 2012. – 456 с.
10. Басовский, Д. А. Оценка надежности эксплуатации типовых одиночных стрелочных переводов на железобетонных и деревянных брусках [Текст] // сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. семинара, 2010 г., Санкт-Петербург / под ред. Л.С. Блажко. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – С. 150-155.
11. Говоров, В. В. Совершенствование стрелочных переводов для промышленного железнодорожного транспорта [Текст] / В.В. Говоров, Д.А. Басовский // Вестник науч.-исслед. ин-та ж.-д. трансп. – М.: ВНИИЖТ, 2011. – №4. – С. 29-32.

---

Олійник Олена Андріївна, старший викладач кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного економіко-технологічного університету транспорту. Тел.: 0634431835.

Oliinyk Olena, senior lecturer of the department "Railway and track facilities" State Economic-Technological University of Transport. Tel.: (044) 591-51-47.

Стаття прийнята 06.04.2017 р.