

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)

УДК 625.151

РОЗРАХУНОК ШИРИНИ МІНІМАЛЬНОГО ЖОЛОБА В СИМЕТРИЧНОМУ СТРІЛОЧНОМУ ПЕРЕВОДІ ПРИ КОРЕНЕВІЙ ВІДСТАНІ, БІЛЬШІЙ ЗА ВЕЛИЧИНУ ХОДУ ШИБЕРА СТРІЛОЧНОГО ПРИВОДУ ($U_n^0 > Ш_p$)

Старші викладачі О. А. Олійник, О. О. Сорока

CALCULATION OF WIDTH MINIMUM TROUGH ON THE EQUILATERAL SWITCH AT POINT HEEL LENGTH IS MORE THAN THE SIZE OF VALVE LEAF IN THE RAILROAD SWITCH

Senior lecturer O. Oliinyk, senior lecturer O. Soroka

Проектування симетричних стрілочних переводів суттєво відрізняється від проектування звичайних односторонніх переводів. При тому особливу увагу потрібно приділяти питанням взаємного розташування відведених вістряків і рамних рейок і визначення розмірів жолобів між ними.

В навчальній і довідковій технічній літературі дуже стисло подано відомості про методичні розрахунки і особливості проектування симетричних стрілочних переводів для різних експлуатаційних умов. У цій статті наводяться деякі розробки з метою виправити вказаний недолік.

Ключові слова: *симетричні стрілочні переводи, розрахункові схеми, проектування, мінімальний жолоб між вістряком і рамною рейкою.*

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.

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.

At design of symmetric railroad switches the condition of easy access of a crest of a wheel without pressing with a non-working part of a crest on a non-working side of the taken-away funnyman in a zone of the minimum trench between the funnyman and a frame rail and also in the funnyman's root has to be provided. To provide impossibility of pressing of wheels the size of the minimum trench between the taken-away funnyman and a frame rail has to be not less than 71 mm.

The traffic safety of trains in a zone of the taken-away funnymen of symmetric railroad switches depends on the rational sizes of trenches between frame rails and the taken-away funnymen.

The design of symmetric turnouts is significantly different from the design of conventional one-way translations. In this regard, special attention should be paid to the issues of the relative position of the laid wings and frame rails and the determination of the size of the gutters between them.

Keywords: *symmetric railroad switches, settlement schemes, design, the minimum trench between the funnyman and a frame rail*

Вступ. Розрахунок ширини жолоба між рамною рейкою і відведеним вістряком, необхідний для виявлення фактичного мінімального розміру цього жолоба $t_{\min \min}$, виконується за умовою безпеки проходу колісних пар по розглядуваній зоні стрілочного переводу, тобто, щоб колеса візків рухомого складу не торкалися відведеного вістряка внутрішньою боковою гранню реборди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення і аналіз навчальної і довідкової технічної літератури [1–7] показав, що розрахунки симетричних різносторонніх стрілочних переводів подано дуже стисло, 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 методики визначення фактичного мінімального жолоба між рамною рейкою і відведеним вістряком.

Мета та задачі досліджень. Метою цієї публікації є надання нової методики розрахунків і проектування симетричних стрілочних переводів. Задачею дослідження є запровадження відсутнього раніше розрахунку мінімального жолоба за одним із двох можливих випадків взаємного розташування рамної рейки та відведеного вістряка ($1 - U_n^0 > Ш_p$; $2 - U_n^0 < Ш_p$).

Основна частина дослідження.

Одним із двох випадків взаємного розташування рамної рейки та відведеного вістряка є такий, коли коренева відстань більша за величину ходу шибера стрілочного приводу ($U_n^0 > Ш_p$, рис. 1). Для визначення шуканих величин виконаємо деякі допоміжні побудови в кресленні на рис. 1. Проведемо хорду A_1B між коренем вістряка (точка B) і місцем кріплення стрілочної тяги до вістряка (точка A_1).

Максимальна стріла сегмента f_1 від хорди A_1B буде розташована на радіусі-перпендикулярі, що проходить через середину хорди – точку B_1 . На продовженні радіуса-перпендикуляра, проти стріли f_1 позначимо відстань між точками D_1' і D_1 через t_1 – це буде проекція мінімальної відстані $t_{\min-1}^{01}$ на радіус-перпендикуляр.

Другу конкуруючу мінімальну відстань між зовнішньою кромкою вістряка і горизонталлю CQ визначимо проти кінця горизонтальної строжки вістряка, між точками b_1E_1 , і позначимо цю відстань $t_{\min-2}^0$.

Після цього визначаються мінімальні значення усіх конкуруючих жолобів по найкоротшій відстані, тобто по нормалі до середньої лінії MN (рис. 3, 4).

І лише після цього визначається абсолютне мінімальне значення ширини жолоба між відведеним вістряком і рамною

рейкою $(t_{\min \min})^{\text{норм}}$ на всій довжині їх взаємного розташування, із порівняння $(t_{\min-1})^{\text{норм}}$ і $(t_{\min-2})^{\text{норм}}$ та аналізу можливо-

сті наявності менших значень ширини жолоба на усій довжині взаємного розташування відведеного вістряка і рамної рейки.

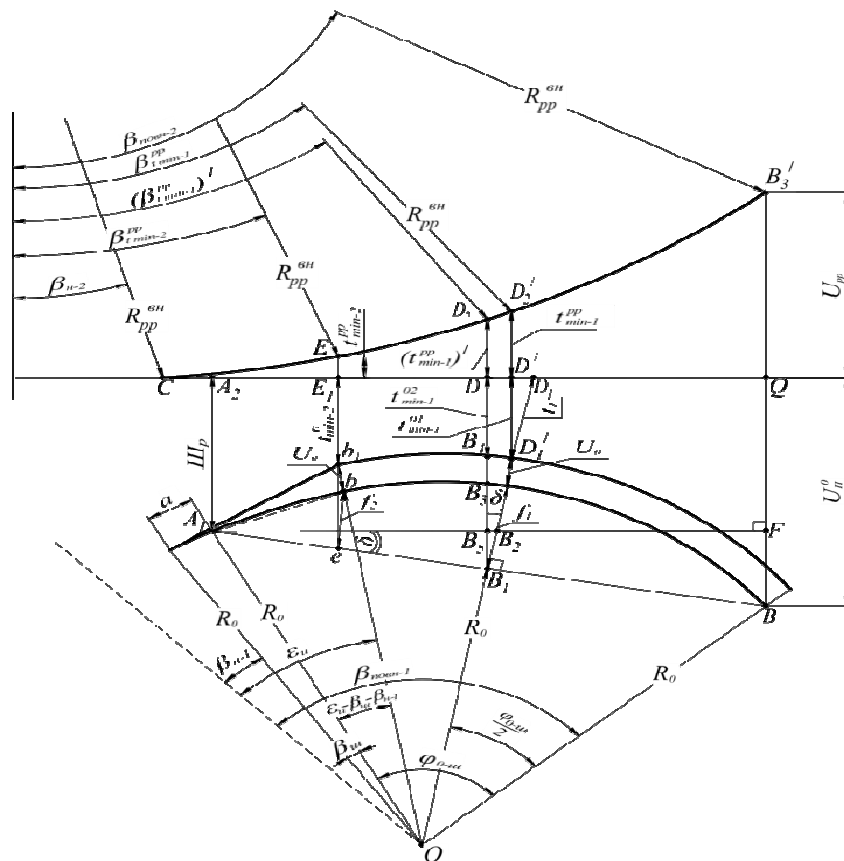


Рис. 1. Схема взаємного розташування рамної рейки і відведеного вістряка при $U_n^0 > Ш_p$

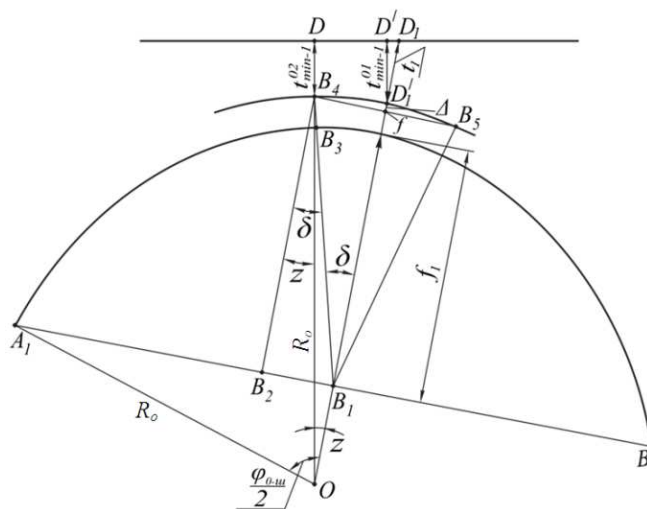


Рис. 2

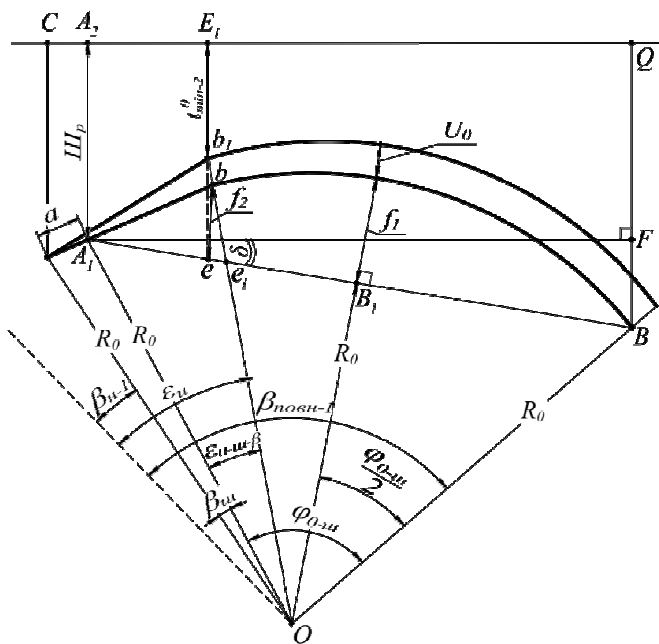


Рис. 3

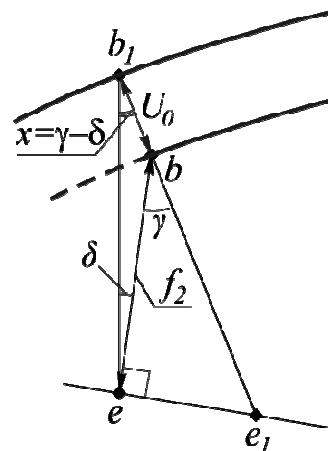


Рис. 4

1-й етап

А) Визначення $t_{\min-1}^{01}$ у перерізі $D_1'D'$

(рис. 1). Перша шукана величина $t_{\min-1}^{01}$ мінімальної відстані від зовнішньої кромки головки вістряка до горизонталі CQ визначається у місці найбільшого вигину вістряка $D'D_1'$:

$$t_{\min-1}^{01} = D_1'D' = t_1 \cdot \cos \delta. \quad (1)$$

Б) Визначення $t_{\min-1}^{02}$ у перерізі B_4D (див. рис. 1 і 2). Друга шукана

величина ($t_{\min-1}^{02}$) визначається у перерізі B_4D :

$$t_{\min-1}^{02} = \frac{U_n^0 + Ш_p - (R_0 + U_0) \cdot \sin Z}{2 \sin \delta}. \quad (2)$$

2-й етап

Визначення $t_{\min-2}^0$ в перерізі b_1E_1 (рис. 1, 3, 4).

Шукана величина $t_{\min-2}^0$ визначається з виразу різниці відрізків E_1e і b_1e (рис. 3, 4):

$$t_{\min-2}^0 = E_1e - b_1e = Ш_p + (\lambda'_v - a) \cdot \operatorname{tg} \delta - U_0 \cdot \cos x - f_2 \cdot \cos \delta. \quad (3)$$

3-й етап

Визначення $t_{\min-1}^{pp}$, $t_{\min-2}^{pp}$ і U_{pp} .

Шукану ординату $EE_1 = t_{\min-2}^{pp}$ можна

визначити з рис. 1, складаючи рівняння відносно ординат:

$$R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{H-2} - R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{t_{\min-2}^{pp}} = EE_1 = t_{\min-2}^{pp} \quad (4)$$

Далі визначається шукана величина $t_{\min-1}^{pp} = D_1' D_2'$ з рівняння:

$$R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{n-2} - R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{t_{\min-1}^{pp}} = D_1' D_2' = t_{\min-1}^{pp}. \quad (5)$$

З рис. 1 за тією самою методикою визначається третя шукана величина $U_{pp} = QB_3'$.

$$U_{pp} = QB_3' = R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{n-2} - R_{pp}^{6H} \cdot \cos \beta_{повн-2}. \quad (6)$$

4-й етап

Визначення шуканих мінімальних значень ширини жолоба між рамною рейкою і відведеним вістряком у розрахункових перерізах $t_{\min-1}$ та $t_{\min-2}$ і абсолютного мінімального жолоба $t_{\min \min}$.

Мінімальна ширина жолоба $t_{\min-1}$ (по вертикалі) в зоні максимального вигину вістряка визначається як сума найменших відстаней від розрахункової горизонталі CQ до вістряка і до рамної рейки (рис. 1):

у перерізі $D_1' D_2'$:

$$t_{\min-1} = t_{\min-1}^{01} + t_{\min-1}^{pp}; \quad (7)$$

у перерізі $B_4 D D_2$:

$$(t_{\min-1})' = t_{\min-1}^{02} + (t_{\min-1}^{pp})'. \quad (8)$$

З двох значень $t_{\min-1}$ і $(t_{\min-1})'$ знаходиться найменше:

$$\left. \begin{matrix} t_{\min-1} \\ (t_{\min-1})' \end{matrix} \right\} (\min t_{\min-1})_{(верт)}, \quad (9)$$

і ця найменша ширина жолоба у зоні максимального вигину вістряка приймається як кінцевий шуканий мінімальний жолоб.

Мінімальна ширина жолоба $t_{\min-2}$ проти кінця горизонтальної строжки вістряка (у перерізі $b_1 E_1 E$) визначається як

сума найменших відстаней від розрахункової горизонталі CQ до відведеного вістряка і до рамної рейки:

$$(t_{\min-2})_{верт} = t_{\min-2}^0 + t_{\min-2}^{pp}. \quad (10)$$

Абсолютний мінімальний жолоб $t_{\min \min}$ між рамною рейкою і відведеним вістряком потрібно визначати із порівняння двох знайдених шуканих значень мінімального жолоба $\min t_{\min-1}$ і $t_{\min-2}$, причому *ординату абсолютного мінімального жолобу потрібно шукати і визначати не по вертикалях, а по найкоротшій відстані між рамною рейкою і вістряком, тобто по нормалі до робочої грані рамної рейки і внутрішньої грані відведеного вістряка*. У зв'язку з тим, що ці два елементи (рамна рейка і вістряк) мають у кожному розрахунковому перерізі різні кути нахилу до розрахункової горизонталі CQ , то *найкоротші відстані між цими елементами потрібно визначати по нормалі до умовної середньої лінії жолоба MN* (рис. 5), нахил якої до горизонталі потрібно визначати в кожному розрахунковому перерізі, з урахуванням кутів нахилу до горизонталі рамної рейки і вістряка.

Вирішення задачі визначення кутів нахилу середньої лінії жолоба MN до розрахункової горизонталі CQ в кожному розрахунковому перерізі можна виконати методами аналітичної геометрії, розглядаючи основну розрахункову схему (рис. 1) сумісно з детальними розрахунковими

вузлами (рис. 3–6). Розрахунки показують, що загальноперемінний кут нахилу середньої лінії жолоба MN до розрахункової горизонталі CQ у кожному

розрахунковому перерізі буде дорівнювати алгебраїчній півсумі кутів нахилу до горизонталі робочої грані рамної рейки і неробочої грані відведеного вістряка.

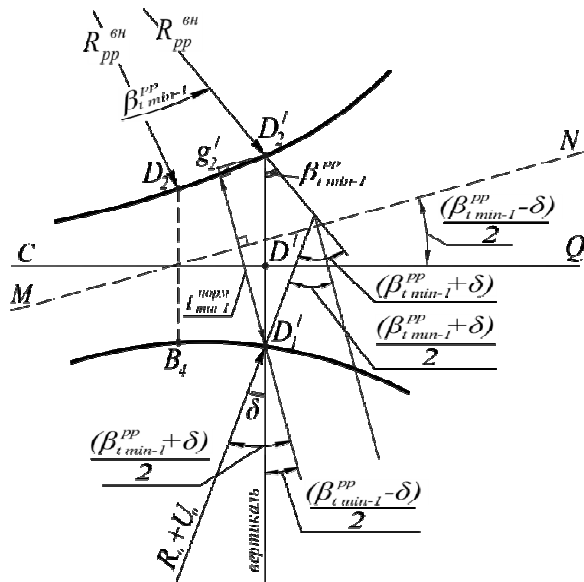


Рис. 5

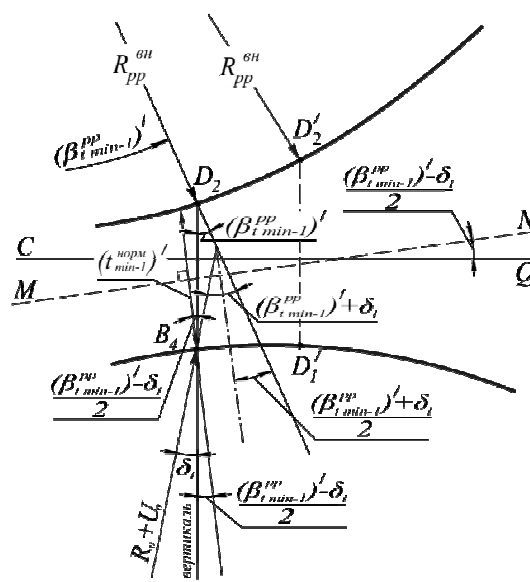


Рис. 6

Кінцеві формули для визначення мінімальної ширини жолоба по нормалі в розрахункових перерізах $D_1'D'D_2'$ і B_4DD_2

(у зоні максимального вигину вістряка) будуть мати вигляд:
у перерізі $D_1'D'D_2'$ (див. рис. 1, 5):

$$(t_{\min-1})_{\text{норм}} = (t_{\min-1})_{\text{верт}} \cdot \cos\left(\frac{\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}} - \delta}{2}\right) - (t_{\min-1})_{\text{верт}} \cdot \sin\left(\frac{\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}} - \delta}{2}\right) \cdot \text{tg}\left(\frac{\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}} - \delta}{2}\right); \quad (11)$$

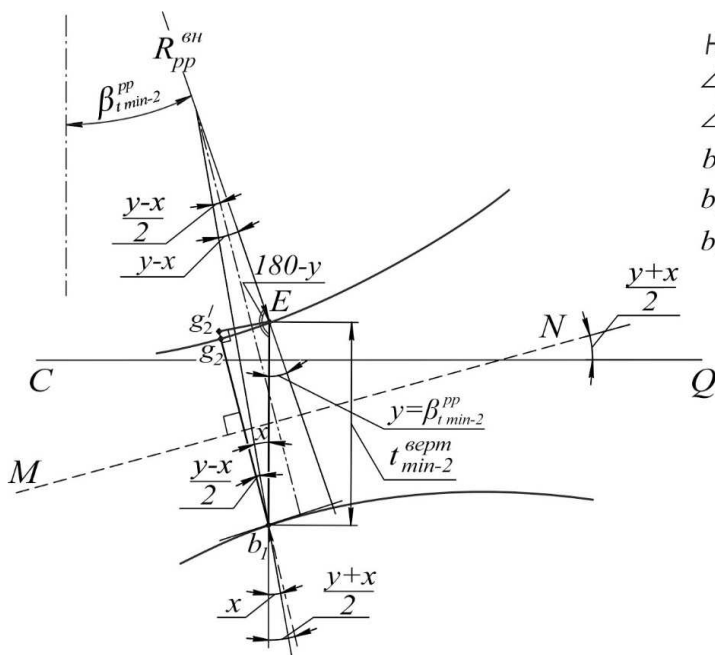
у перерізі B_4DD_2 (див. рис. 1, 6):

$$(t_{\min-1})'_{\text{норм}} = (t_{\min-1})'_{\text{верт}} \cdot \cos\frac{(\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}})' - \delta_1}{2} - (t_{\min-1})'_{\text{верт}} \cdot \sin\frac{(\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}})' - \delta_1}{2} \cdot \text{tg}\frac{(\beta_{t_{\min-1}^{\text{pp}}})' - \delta_1}{2}. \quad (12)$$

З двох обчислених розрахункових значень потрібно вибрати абсолютно найменшу величину:

$$\left. \begin{matrix} (t_{\min-1})_{\text{норм}} \\ (t_{\min-1})'_{\text{норм}} \end{matrix} \right\} \min(t_{\min-1})_{(\text{норм})}. \quad (13)$$

Формула для визначення мінімальної ширини жолоба в розрахунковому перерізі b_1E (проти кінця бокової строжки вістряка (див. рис. 1, 7)) буде мати інший вигляд у зв'язку з різними кутами нахилу кривизни рамної рейки і вістряка до розрахункового перерізу.



На схемі прийнято:
 $\angle y = \beta_{t \min-2}^{pp}$
 $\angle x = \angle b A_1 e$ (ф-ла 4.215^{II})
 $b_1 E = t_{\min-2}^{верт}$
 $b_1 g_2 = t_{\min-2}^{норм}$
 $b_1 g_2 = b_1 g_2' - g_2 g_2'$

Рис. 7

До основних геометричних параметрів, що позначені на рис. 1–7 та у формулах, входять: β_{n-1} – початковий кут вістряка; $\beta_{повн-1}$ – кут вістряка у корені; ϵ_u – кут у кінці бокової строжки вістряка; R_0 – радіус вістряка; R_{pp}^{6H} – радіус рамної рейки по робочій грані $R_{pp}^{6H} = R_0 - S_{кр}$; U_0 – повна

ширина головки вістрякової рейки; $Ш_p$ – довжина ходу шибера стрілочного переводу; U_p^0 – ордината у корені вістряка.

Визначення ширини жолоба по нормалі в перерізі $b_1 g_2$ проти кінця бокової строжки вістряка (\cdot) b_1 слід виконувати за формулою:

$$(t_{\min-2})_{норм} = (t_{\min-2})_{верт} \cdot \cos\left(\frac{y+x}{2}\right) - (t_{\min-2})_{верт} \cdot \sin\left(\frac{y+x}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{y-x}{2}\right). \quad (14)$$

Тепер можна визначити абсолютно мінімальну ширину жолоба $t_{\min \min}$ між рамною рейкою і відведеним вістряком як найменшу із порівняння трьох раніше визначених величин:

$$\left. \begin{matrix} (t_{\min-1})_{норм} \\ (t_{\min-1})'_{норм} \\ (t_{\min-2})_{норм} \end{matrix} \right\} \rightarrow t_{\min \min}^{розр}. \quad (15)$$

На цьому задачу пошуку та визначення мінімальної розрахункової ширини жолоба $t_{\min \min}^{розр}$ вирішено повністю для схеми відведеного вістряка за рис. 1.

Висновки. Викладена методика дає можливість більш детально і більш точно розраховувати конструкції симетричних стрілочних переводів для магістрального та промислового транспорту. При цьому потрібно враховувати сучасні тенденції удосконалення конструкцій стрілочних переводів [8, 9, 10].

Список використаних джерел

1. Даниленко Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомих складом: підруч. для вищ. навч. закл.: у 2 т. Київ: Інпрес, 2010. Т.1. 528 с., Т. 2. 456 с.
2. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт, 1987. 479 с.
3. Шахунянц Г. М., Волошко Ю. Д., Смирнов М. П., Яковлев В. Ф. и др. Проектирование железнодорожного пути. Под ред. Г. М. Шахунянца. Москва: Транспорт, 1972. 320 с.
4. Альбрехт В. Г., Смирнов М. П., Шульга В.Я. и др. Основы устройства и расчетов железнодорожного пути. Под ред. С. В. Амелина и Т. Г. Яковлевой. Москва: Транспорт, 1990. 367 с.
5. Стрелочные переводы железных дорог Украины. Под ред. д.т.н., проф. Э. И. Даниленко. Киев: Киевский институт ж.-д. транспорта, 2001. 296 с.
6. Амелин С. В. Соединения и пересечения рельсовых путей. Москва: Транспорт, 1968. 268 с.
7. ЦП-0269. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. Київ: Укрзалізниця, 2012. 456 с.
8. Говоров В. В., Басовский Д. А. Совершенствование стрелочных переводов для промышленного железнодорожного транспорта. Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. Москва: ВНИИЖТ, 2011. №4. С. 29-32.
9. Радыгин Ю. Н. Совершенствование геометрических, конструктивных параметров и норм содержания стрелочных переводов: дисс... канд. техн. наук. Москва: ВНИИЖТ, 2002. 129 с.
10. Klauser P. E. Assessing the benefits of Tangential-geometry turnouts. Railway Track and Struct, 1991. № 1. P. 21-23.
11. Taylor E. M. Innovations in frog and switch design. Bull. Amer. Railway Eng. Assoc, 1976. №658. P. 652-664.

Олійник Олена Андріївна, старший викладач кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного університету інфраструктури та технологій. Тел.: (044) 591-51-47.

Сорока Ольга Олексіївна, старший викладач кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного університету інфраструктури та технологій. Тел.: (044) 591-51-47.

Oliinyk Olena, senior lecturer, Department of Railway and Track Facilities, State University of Infrastructure and Technology. Tel.: (044) 591-51-47.

Soroka Olha, senior lecturer, Department of Railway and Track Facilities, State University of Infrastructure and Technology. Tel.: (044) 591-51-47.

Статтю прийнято 07.02.2019 р.