

УДК 656.212.5:[625.113:004.896]

М. І. БЕРЕЗОВИЙ<sup>1\*</sup>, М. П. БОЖКО<sup>2\*</sup>, В. В. МАЛАШКІН<sup>3\*</sup>, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА<sup>4\*</sup>,  
О. О. МАЗУРЕНКО<sup>5\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, ел. пошта: m.i.berezovyi@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6774-6737

<sup>2\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (050) 480-41-71, ел. пошта prbojko@gmail.com

<sup>3\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 409 61 85, ел. пошта v.v.malashkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-5650-1571

<sup>4\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 12, ел. пошта t.v.bolvanovska@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6462-8524

<sup>5\*</sup> Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта o.o.mazurenko@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-5591-1790

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ОБХІДНИХ КОЛІЙ В СОРТУВАЛЬНИХ ПАРКАХ ТА ЇХ АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

**Мета.** Сортувальні станції на залізницях України побудовані у 30-х роках та у середині минулого сторіччя. Розвиток гіркових горловин сортувальних парків відбувався під впливом появи нової техніки, впровадження якої висунуло нові вимоги до елементів плану та призвело до розвитку напрямків комплексного підходу до проектування плану і профілю з урахуванням динаміки скочування вагонів. Не дивлячись на існуючі здобутки вчених, які досліджували ці питання, проблеми оптимізації конструкції плану залишаються актуальними і в даний час, тому метою дослідження є пошук способів скорочення довжини гіркових горловин сортувальних парків. **Методи.** В процесі дослідження використані методи імітаційного моделювання для отримання ліній габаритних відстаней проходження рухомого складу. Для визначення довжин розрахункових елементів використані методи аналітичної геометрії. **Результати.** Розглянуто принципи схеми примикання обхідних колій у гіркових горловинах та виконано розрахунок їх геометричних параметрів за умови влаштування прямолінійних з'їздів. Встановлено діапазон скорочення довжини стрілочної горловини за рахунок зменшення міжколіїної відстані у випадку примикання обхідної колії до частини колій пучка. Розглянуто можливість укладання суміжних стрілочних переводів хрестовинами назустріч без улаштування вставки між ними без можливості паралельного руху обхідної та спускною коліями. Виконано порівняння схем примикання обхідної колії з укладанням перехресного з'їзду та без нього і встановлено, що скорочення довжини горловини досягається саме при укладанні перехресного з'їзду та необхідності укладання двох додаткових стрілочних переводів. Виконано аналіз принципових схем укладання криволінійних з'їздів примикання обхідних колій. Визначити положення стрілочних переводів у таких з'їздах та розрахувати параметри з'єднань аналітичним способом неможливо, тому розрахунки виконано з використанням програмного комплексу, розглянутого в роботі [14]. **Наукова новизна.** Вперше виконано аналіз конструкції схем примикання обхідних колій до сортувальних колій. **Практична значимість.** Отримані в роботі результати можуть бути використані у якості вихідних даних для подальшого дослідження взаємодії окремих елементів сортувальних гірок, у пошуку способів зменшення їх довжини та при вирішенні задачі розробки автоматизованої системи оптимального проектування плану гіркових горловин.

*Ключові слова:* сортувальна гірка, обхідна колія, міжколіїна відстань, габаритна лінія, гіркова горловина

### Вступ

Перші сортувальні гірки на залізничних станціях України побудовані у 1930-х роках, тобто майже сторіччя тому. У 1950-1960-ті роки здійснювалась реконструкція та удосконалення існуючих сортувальних гірок у зв'язку зі зростанням промислового виробництва та збільшенням обсягів перевезень. У цей час здійснювалась адаптація схем колійного розвитку гіркових горловин сортувальних парків до особливостей експлуатаційної роботи сортувальних станцій та

проведених реконструктивних заходів. Це в свою чергу призвело до розвитку сортувальних станцій та їх гірок під дією впливу нових зовнішніх факторів без попередньо розробленого генерального плану та схеми колійного розвитку.

В середині ХХ-го сторіччя було побудовано ще кілька сортувальних гірок на станціях України, а у подальшому відбувалося лише удосконалення схем вже існуючих на той час сортувальних станцій та модернізація технічного оснащення сортувальних гірок – колійного розвитку,

засобів регулювання швидкості скочування відчепів, впровадження систем автоматизації сортувального процесу тощо. З часом на гірках виникла потреба заміни стрілочних переводів та рейок на більш важкі типи, усе це призвело до появи відхилень у параметрах плану та профілю гірок, що виходили за межі встановлених допусків. Тому питання стосовно приведення у відповідність плану та профілю сортувальних гірок проектним значенням чи вимогам нормативних документів виникають усе частіше.

### **Постановка завдання дослідження**

Одним із елементів колійного розвитку гіркових горловин є колії в обхід горба гірки та примикання до них сортувальних колій. Завданням дослідження є аналіз конструкції примикань обхідних колій гіркових горловин.

### **Мета дослідження**

Метою дослідження є пошук способів скорочення довжини гіркових горловин сортувальних парків.

### **Аналіз досліджень і публікацій**

При проектуванні плану гіркової горловини необхідно враховувати значну кількість обмежень, пов'язаних з нормативними вимогами, основними серед яких є:

- довжини стрілочних переводів, передстрілочних ізольованих ділянок та схеми взаємного розташування стрілочних переводів;
- схеми взаємного розташування стрілочних переводів та уповільнювачів;
- довжини прямих ділянок для укладання уповільнювачів на спускній частині; відстані між уповільнювачами та суміжними кривими;
- габаритні обмеження, що виражаються у мінімальних міжколійних відстанях на початку шин уповільнювачів при укладанні пучкових позицій;

Результати перших спроб системного підходу до проектування плану та профілю гіркової горловини викладені в роботах В. М. Образцова [1] та М. О. Рогінського [2]. На той час ще не було обґрунтованого розуміння доцільності використання симетричних стрілочних переводів марки 1/6 та підходів до пошуку оптимального плану горловини.

Складність аналітичного опису взаємного розташування та взаємодії елементів плану гіркових горловин призвела до розвитку графічних методів побудови їх плану [3]. Отримані креслення уточнювали аналітичним розрахунком

кутів та координат точок при відомих параметрах елементів плану.

Слід все-таки відзначити, що це був евристичний підхід отримання креслень при невизначеності вибору параметрів та критерію оцінки якості отриманого результату.

Не дивлячись на це, були досягнуті певні результати – виданий альбом рекомендованих планів гіркових горловин [4].

Поява і впровадження нової техніки – вагомірних та швидкостемірних ділянок систем, АРС, АЗСР, ГАЦ висунули нові комплексні вимоги до елементів плану та профілю з урахуванням динаміки скочування вагонів. Узагальнення цих рішень були відображені в роботі [5], а етап досліджень завершився виданням нового альбому рекомендованих конструкцій стрілочних горловин [6] та впровадженням Правил і норм проектування сортувальних пристроїв ВСН 207-89 [7] та посібника з їх застосування [8].

Розвиток обчислювальної техніки створив умови для вирішення задач оптимізації конструкції плану гіркових горловин. Значний доробок у вирішенні проблем оптимізації конструкції плану сортувальних гірок з використанням ЕОМ внесла група вчених галузевої Гіркововипробувальної лабораторії при кафедрі станцій та вузлів Дніпропетровського інституту інженерів транспорту (ДІТ), пізніше Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ). Найбільш суттєвим є внесок таких учених як Ю. О. Муха, В. І. Бобровський, М. П. Божко, Д. М. Козаченко.

Під керівництвом професора В. І. Бобровського у 2014 році аспірант А. І. Колесник захистив кандидатську дисертацію [9], в якій вперше визначено область допустимих кутів повороту кривих спускної частини, вперше розроблено методи розрахунку оптимальних параметрів додаткових кривих спускної частини і ділянок сполучення сортувальних колій та удосконалено існуючу ергатичну модель сортувального комплексу. Рішення представлених в роботі [9] задач знайшло відображення у нових будівельних нормах проектування сортувальних пристроїв [10].

Підбиваючи підсумок необхідно відзначити, що у нинішній час однією з актуальних задач є розробка автоматизованої системи оптимального проектування плану гіркових горловин. У той же час проблеми оптимізації конструкції плану залишаються і потребують продовження досліджень.

## Основний матеріал дослідження

Стрілочні горловини сортувальних гірок мають специфічну конструкцію колійного розвитку, технічні вимоги до якої передбачені інструкцією [10]. Для забезпечення високих динамічних властивостей сортувального процесу гіркову горловину в межах від першої розділової стрілки до граничних стовпчиків на сортувальних коліях необхідно проектувати мінімальної

довжини. Це досягається застосуванням мінімальних нормативів до взаємного розміщення елементів: стрілочних переводів, уповільнювачів пристроїв СЦБ та іншого обладнання.

Зокрема це стосується умов взаємного розташування стрілочних переводів у місці примикання з'єднувальної колії до зовнішнього пучка чи його крайніх колій в обхід гірки. Принципові схеми таких випадків наведені на рис. 1, 2.

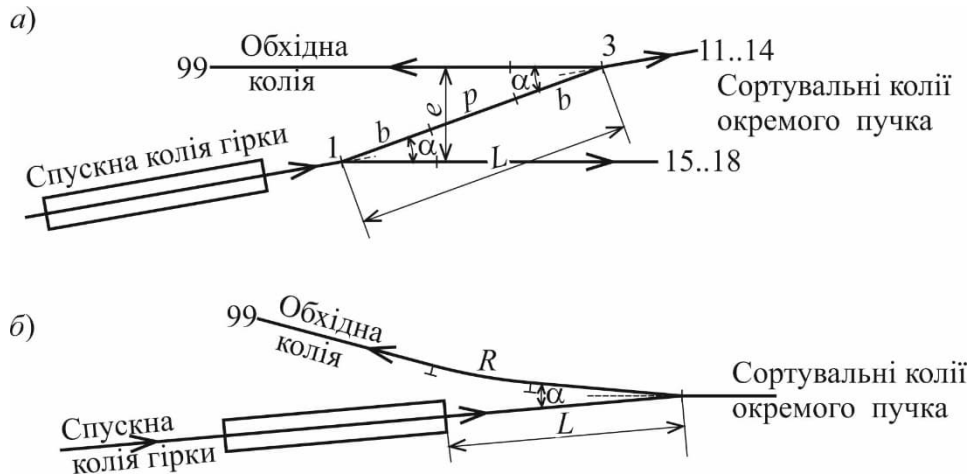


Рис. 1. Принципові схеми примикання обхідних колій:

*a* – з частини колій пучка; *б* – з пучка колій

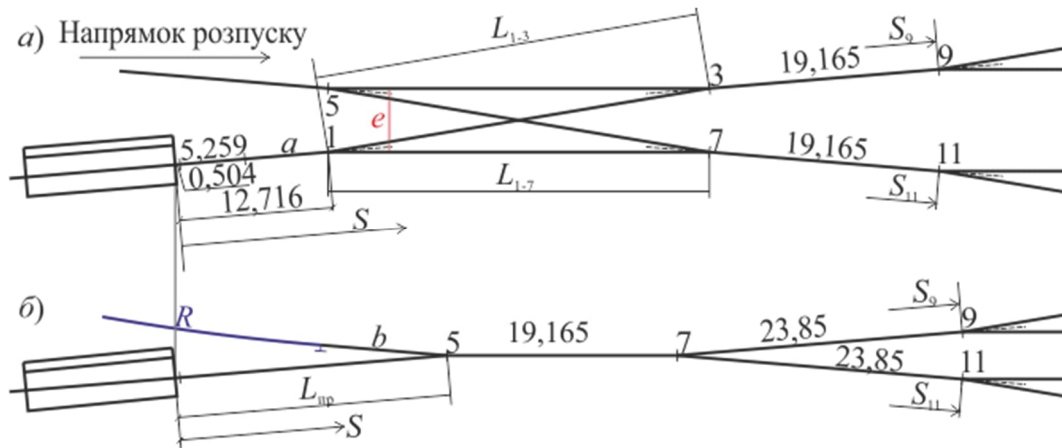


Рис. 2. Порівняння схем примикання обхідної колії з пучка колій:

*a* – з укладанням перехресного з'їзду; *б* – без укладання перехресного з'їзду

При використанні симетричних стрілочних переводів конструкція примикання обхідної колії з частини колій зовнішнього пучка має наведений на рис. 3 вигляд.

Відстань між стрілочними переводами №1 і №3 залежить від міжколійної відстані  $e$  і марки хрестовини (кута  $\alpha$ ) стрілочних переводів та може бути визначена як:

$$L = \frac{e}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

Для скорочення довжини горловини інструкціями [10, 11] передбачене використання симетричних стрілочних переводів марки 1/6 (для гіркових колій) та мінімальна міжколійна відстань  $e=4,80$  м. Тоді за наведеними нормативами при  $\alpha=9^{\circ}27'45''$  найменша відстань між центрами стрілочних переводів складе:

$$L = \frac{4,80}{\sin 9^{\circ}27'45''} = 29,197 \text{ м,}$$

а пряма ділянка між хрестовинами переводів до-  
рівнює:

$$p = L - 2b = 29,197 - 2 \cdot 10,563 = 8,071 \text{ м.}$$

Передбачена [10, 11] мінімальна міжколійна  
відстань перш за все стосується суміжних колій,  
на яких відбувається стоянка рухомого складу та

здійснюються необхідні технічні та технологі-  
чні операції. За цими ознаками наведені на рис.  
1 суміжні колії №99 і №15..18 суттєво відрізня-  
ються від вказаних: на коротких відрізках їх  
паралельного положення не відбувається стоян-  
ка і обслуговування рухомого складу, а може  
здійснюватись лише його одночасне перемі-  
щення.

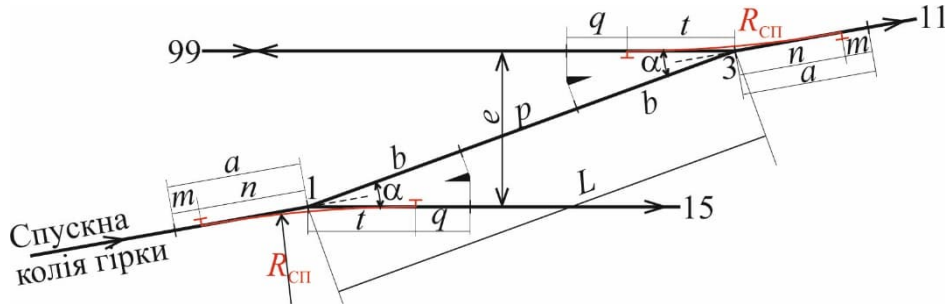


Рис. 3. Розрахункові елементи з'єднання колій

Умовам безпечного руху суміжними голов-  
ними коліями перегонів в прямих ділянках від-  
повідає міжколійна відстань  $e_{\min}=4,10$  м, яка  
може бути прийнята для випадку, що розгляда-  
ється. З цього приводу інструкція [10] допускає  
можливість «зменшувати міжколійні відс-  
тані... до мінімально можливих згідно з габари-  
том рухомого складу (ДСТУ Б В.2.3-29:2011)».

Стрілочні переводи мають стрілочну пере-  
відну криву певного радіуса  $R_{сп}$  і для визначення  
відстаней між переводами необхідно врахову-  
вати поширення габаритної відстані в кривій та  
підходах до неї, величина якого ( $z$ ) визначається

згідно з [12]. Для стрілочного переводу марки  
1/6, з рейок Р65, радіусом перевідної кривої  
 $R_{сп}=200$  м та без підвищення зовнішньої рейки  
максимальна величина поширення становить  
 $z=0,180$  м. На прямих підходах до кривої вели-  
чина поширення  $z$  змінюється нелінійно, як на-  
ведено в [13], і схематично показано у вигляді  
габаритної лінії на рис. 4, а.

У цьому випадку виконати аналітичний роз-  
рахунок відстані між суміжними переводами не-  
можливо, але принцип її визначення можна по-  
дати графічно у вигляді наведеної на рис. 4, б  
схеми.

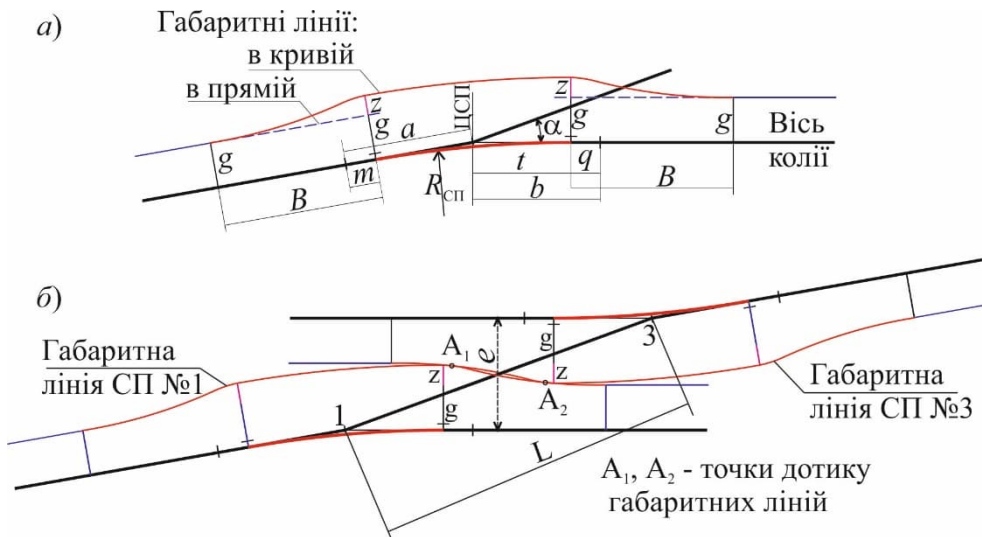


Рис. 4. Розрахункові схеми в кривих ділянках

В реальних горловинах підходи до стрілоч-  
них переводів №1 і №3 не завжди прямолінійні  
та довжиною менші за базу розрахункового ва-  
гона, як показано на рис. 5, і габаритні лінії ма-  
ють ще більш складний характер. Тому на

практиці в подібних розрахунках завжди засто-  
совують максимальну величину поширення  
 $z=0,180$  м. Слід відзначити, що з використанням  
викладеної в [14] моделі можливо для будь-  
якого плану колій отримати дійсні габаритні

лінії і графічно визначити потрібні результати. Це підвищує точність, а застосування

максимального поширення спрощує розрахунки, але результати дає із «запасом».

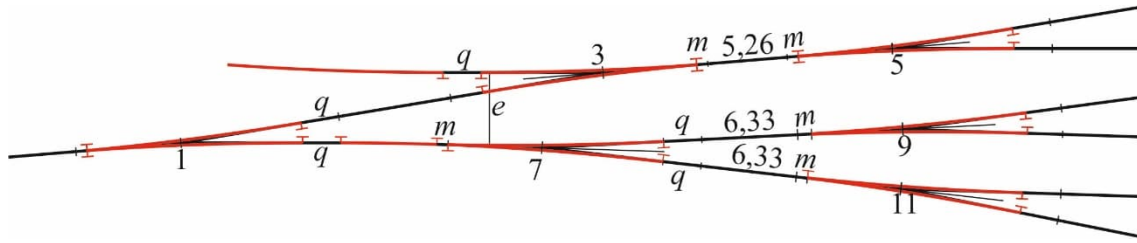


Рис. 5. Кривизна колій в стрілочній горловині

Приймаючи  $g=e_{\min}/2=2,05$  м,  $z=0,180$  м визначимо довжину з'їзду 1-3 для схеми, наведеної на рис. 3:

$$L = \frac{2(g+z)}{\sin \alpha} = \frac{2(2,05+0,18)}{\sin 9^{\circ}27'45''} = 27,129 \text{ м.}$$

У порівнянні з  $e=4,80$  м отримуємо скорочення з'єднання на 2,068 м.

У наведеній на рис. 1.б схемі обхідна колія примикає до цілого пучка колій і паралельний рух спускною і обхідною коліями неможливий. Потреба у наявності паралельного руху з частини колій пучка чи його відсутність повинні бути аргументовані.

Знімаючи питання паралельності маршрутів, визначимо можливу довжину з'їзду 1-3 виходячи з умов взаємного розташування переводів між собою. Згідно з [15] мінімальна довжина прямої рейкової вставки за стиком хрестовини становить 4,50 м.

Згідно з цим на рис. 6 наведено схему укладання суміжних стрілочних переводів (проект 2307) хрестовинами назустріч, згідно з якою відстань між суміжними хрестовинами становить  $p=5,579$  м, а між центрами переводів:

$$L = 2b + p = 2 \cdot 10,563 + 5,579 = 26,705 \text{ м,}$$

та міжколійна відстань дорівнює:

$$e = L \sin \alpha = 26,705 \cdot 0,164402 = 4,390 \text{ м.}$$

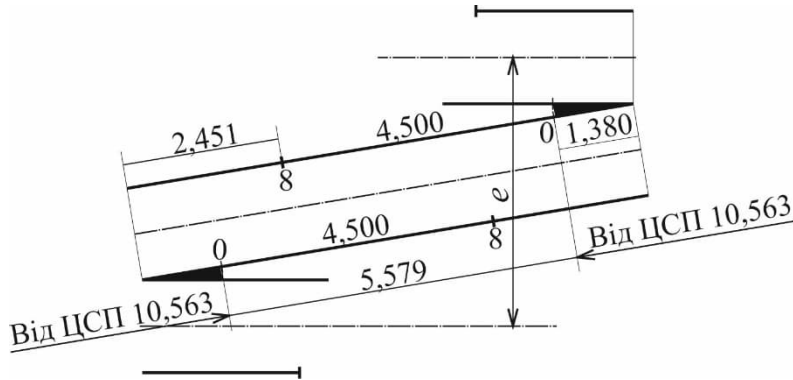


Рис. 6. Мінімальна відстань між хрестовинами симетричних переводів

В останньому випадку у порівнянні з попереднім, скорочення довжини з'єднання незначне і становить 0,424 м, окрім цього втрачається можливість паралельного руху стрілочними переводами, тому з'їзд 1-3 доцільно проектувати за умови забезпечення габаритної відстані між ними.

На рис. 2 а наведено довжину елементів від кінця пучкової гальмової позиції до других розділових стрілок пучка (відповідно СП №9 і №11). Довжина елементів  $L_{1-3}$  і  $L_{1-7}$  залежить від міжколійної відстані  $e$ , марки хрестовини стрілочних переводів і визначається за формулою (1). Результати розрахунків довжини

елементів та відстаней  $S_9$  і  $S_{11}$  для переводів марки 1/6 з рейок Р65 наведено в табл. 1.

З метою порівняння на рис. 2 б наведено також схему з пошершним переводом за пучковою гальмовою позицією та вказано нормативну довжину елементів до других розділових стрілок №9 і №11 аналогічно схемі на рис. 2 а. Відстань до них від кінця гальмової позиції залежить від довжини елемента  $L_{пр}$ . Розрахунки  $S_9$  і  $S_{11}$  виконано для найменшої (22,763) і найбільшої (29,733) величини  $L_{пр}$ , результати розрахунків наведено в табл. 1.

Розрахункові параметри схем рис. 2

3 перехресним з'їздом					3 пошерсним переводом	
$e, \text{ м}$	$L_{1-3}$	$L_{1-7}$	$S_9$	$S_{11}$	$S_9 = S_{11}$ при	
					$L_{\text{пр}}=22,763$	$L_{\text{пр}}=29,733$
5,3	32,328	31,800	64,209	63,681	65,778	72,212
4,8	29,197	28,800	61,078	60,681		
5,0	30,413	30,000	62,294	61,881		

Отримані дані показують, що примикання обхідної колії з пучка з використанням перехресного з'їзду навіть з міжколійною відстанню  $e=5,30$  м забезпечує коротшу стрілочну зону у порівнянні з примиканням пошерсним стрілочним переводом мінімальною довжиною  $L_{\text{пр}}$ .

Слід враховувати, що використання перехресного з'їзду потребує укладання додатково двох стрілочних переводів, але дозволяє паралельний рух спускною і обхідною коліями.

Типові схеми укладання перехресних з'їздів з рейок Р50 та Р65 для сортувальних гірок на

дерев'яних брусах розроблені на Дніпровському стрілочному заводі:

- для міжколійної відстані 5,3 м на рейках Р50 проект 2593Дн.00.000;

- для міжколійної відстані 5,3 м на рейках Р65 проект Дн 730.00.000;

- для міжколійної відстані 5,0 м на рейках Р65 проект Дн 725.00.000.

При міжколійній відстані 5,0 м гострі хрестовини глухого пересічення і стрілочного переводу розташовані із «забіганням» як показано на рис. 7.

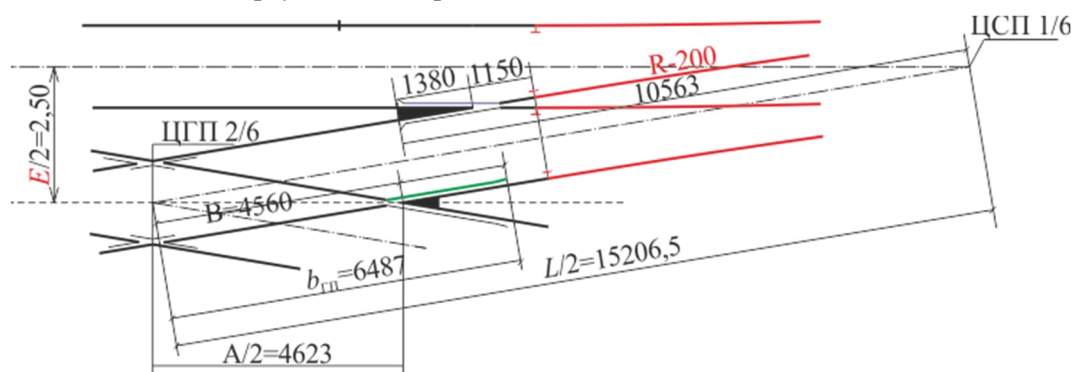


Рис. 7. Положення гострих хрестовин глухого пересічення та стрілочного переводу в міжколії 5,0 м

В залежності від кількості колій у крайньому пучку та умов вписування захрестовинних кривих за останніми стрілочними переводами може виникати потреба вписування додаткової кривої між стрілочними переводами №1 і №3. Конструкція колійного розвитку у цьому випадку має

наведений на рис. 8 вигляд. Відмінність між схемами а) і б) полягає у тому, що мінімальна міжколійна відстань  $e$  вимірюється між віссю колії в кривій ділянці КР2 до осі прямої ділянки  $b$  СП №1 (схема а) або до осі кривої ділянки КР1 (схема б).

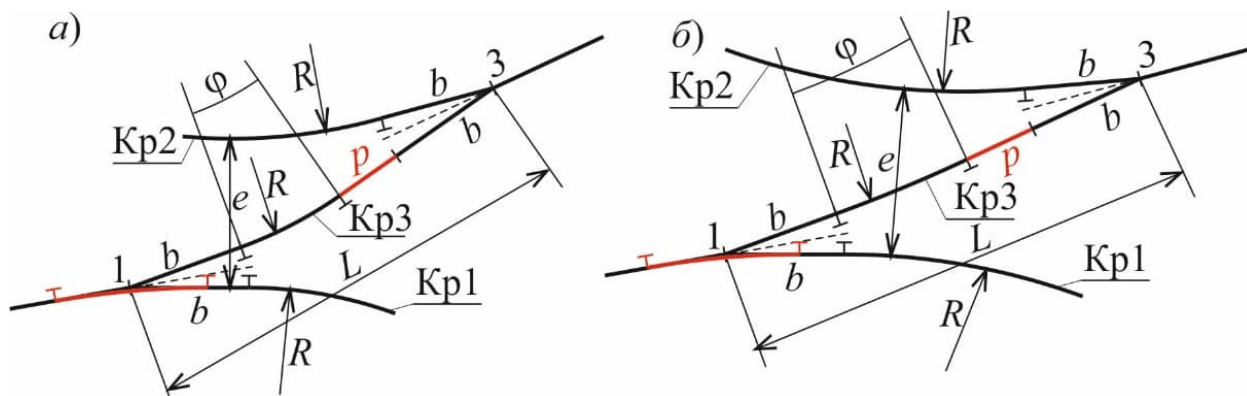


Рис. 8. Принципові схеми вписування кривої між СП №1 і СП №3

Основні параметри з'єднань за наведеними схемами залежно від кута кривої КРЗ і обмеженням міжколійної відстані не менше ніж  $e=4,46$  м ( $e_{\min}+2z=4,10+2\cdot 0,180=4,46$ ) при радіусі кривих  $R=200$  м наведені в табл. 2.

Наведені в таблиці дані показують: якщо для забезпечення вписування захрестовинних кривих між стрілочними переводами потрібна крива з кутом повороту більшим, ніж  $\varphi=1^{\circ}35'6''$ , то між обхідною і спускною коліями утворюється міжколійна відстань більша ніж 4.46 м, що забезпечує паралельність руху ними. При кутах повороту менше вказаного, для забезпечення паралельності пересувань потрібно вкладати пряму вставку між КРЗ і СП №3.

До наведеного можна додати наступне. Згідно з [15] «Мінімальна вставка 4,5 м за хвостом хрестовини не може бути меншою, бо ця відстань забезпечує можливість поступової зміни напрямлення перевідних брусків від нормального положення відносно осі хрестовини першого переводу до нормального положення відносно осі прямої колії». У випадку укладання суміжних симетричних переводів однакових марок хрестовинами назустріч (як на рис. 3, 4) осі їх хрестовин співпадають і змінювати кут положення перевідних брусків не потрібно. Отже при цьому немає потреби в укладанні вставки мінімальної довжини між даними стрілочними переводами. Взаємне розташування стрілочних переводів буде мати наведений на рис. 9 вигляд.

Таблиця 2

Параметри з'єднань суміжних колій з кривою між стрілочними переводами

φ, гр, хв, сек	e, м	L <sub>кр</sub> , м	p, м	L <sub>1-3</sub> , м	X <sub>к</sub> , м	Схема
0°30'	4,46	1,745	4,055	26,926	14,229	б
1°	4,46	3,491	2,290	26,967	12,445	б
1°30'	4,46	5,236	0,690	27,052	10,825	б
1°35'6"	4,46	5,533	0,431	27,090	10,563	а
2°	4,613	6,981	0	28,107	10,100	а
2°30'	4,897	8,727	0	29,853	10,050	а
3°	5,180	10,472	0	31,598	9,997	а
4°	5,745	13,963	0	35,089	9,885	а
5°	6,309	17,453	0	38,579	9,762	а

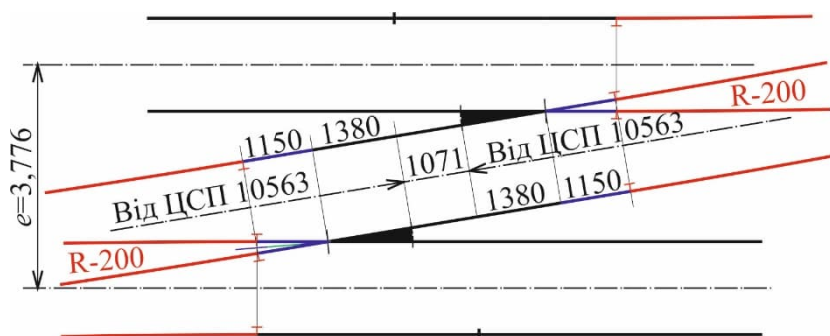


Рис. 9. Розміщення стрілочних переводів без вставки між їх хрестовинами

Згідно з наведеною схемою визначаються:  
- відстань між центрами суміжних стрілочних переводів:

$$L = 2b + p = 2 \cdot 10,563 + 1,071 = 22,197 \text{ м};$$

- міжколійна відстань :

$$e = L \sin \alpha = 22,197 \cdot 0,164402 = 3,649 \text{ м}.$$

В особливо важких умовах для запобігання суттєвого подовження гіркової горловини може бути застосовано і таке рішення, але без

можливості паралельного руху обхідною і спускною коліями.

При цьому окремо повинно вирішуватись питання епюри розміщення перевідних брусків, яке може бути вирішено аналогічно способам, які застосовують для перехресних переводів чи глухих пересічень.

### Висновки

В результаті досліджень конструкції примикань обхідних колій встановлено наступне.

1. Вперше виконано аналіз конструкції схем

примикання обхідних колій до сортувальних колій.

2. Скорочення довжини гіркової горловини досягається шляхом встановлення мінімально можливої міжколійної відстані 4,46 м між обхідною та спускною з частини колій пучка колійми.

3. Порівняння схем примикання обхідної колії з пучка колій показало, що менша довжина горловини досягається при укладанні перехресного з'їзду для примикання обхідної колії з пучка колій.

4. Отримані залежності між значенням кута повороту кривої ділянки колії між стрілочними переводами криволінійного з'їзду примикання обхідної колії (див. рис. 8) та міжколійною відстанню між обхідною та спускною коліями. Встановлене значення мінімального кута повороту вказаної кривої, при якому між стрілочними переводами вказаного з'їзду виникає потреба у вкладанні прямої вставки для забезпечення мінімальної міжколійної відстані на рівні 4,46 м.

5. Обґрунтована можливість технічного рішення встановлення міжколійної відстані 3,776 м між обхідною та спускною коліями без можливості паралельного руху цими коліями.

6. Отримані результати можуть бути використані при оптимізації плану колій після останніх стрілочних переводів пучків з метою мінімізації відстані від цих переводів до початку паркової гальмової позиції та забезпечення максимальної корисної довжини сортувальних колій [10].

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Образцов В. Н. Станции и узлы. Часть II. Москва : Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
2. Рогинский Н. О., Родимов Б. А., Зубрилин Г. И. Механизация сортировочных горок. Москва : Трансжелдориздат, 1949. 248 с.
3. Бузанов С. П., Карпов А. М., Рыцарев М. А. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных устройств. Москва : Трансп., 1965. 232 с.
4. Земблинов С. В., Страковский И. И. Альбом схем элементов станций и узлов (учебное пособие). Москва : Трансжелдориздат, 1962. 90 с.

5. Родимов Б. А., Павлов В. Е., Прокинова В. Д. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок. Москва : Трансп., 1980. 97 с.

6. Конструкции и параметры стрелочных горловин автоматизированных и механизированных сортировочных горок: Альбом схем. Ленинград : Гипротрансигнализация, 1983. 75 с.

7. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 – 89. Москва . Трансп., 1992. 104 с.

8. Муха Ю. А., Тишков Л. Б., Шейкин В. П. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств. Москва : Трансп., 1994. 220 с.

9. Колесник А. І. Удосконалення конструкції плану та профілю гірок з метою підвищення ефективності сортувального процесу : Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. Дніпропетровськ, 2014. 150 с.

10. ГБН В.2.3-37472062-1:2012. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування. Чинні від 2013-01-17. Вид. офіц. Київ : М-во інфраструктури України, 2012. 112 с.

11. ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Чинні від 2018 28-09. Вид. офіц. Київ: Мін-во регіонального розвитку та будівництва України, 2018. 126 с.

12. ДСТУ Б В.2.3-29:2011. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм. На заміну ГОСТ 9238-83 ; чинний від 2012-12-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2012. 50 с.

13. Аналіз існуючих методів розрахунку положення граничних стовпчиків / Д. М. Козаченко та ін. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2022. № 24. С. 75–80.

14. Автоматизація розрахунку положення граничного стовпчика між суміжними коліями різної конструкції. Д. М. Козаченко та ін. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2023. № 25. С. 84–91.

15. ЦП-0269. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. На заміну ЦП-0138; чинна від 2012-05-01. Вид. офіц. Київ: Трансп. України, 2012. 456 с.

Надійшла до редколегії 14.11.2024.

Прийнята до друку 10.02.2025.

M. BEREZOVYI, M. BOZHKO, V. MALASHKIN, T. BOLVANOVSKA, O. MAZURENKO

## ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION OF BYPASS TRACKS IN SORTING PARKS AND THEIR AUTOMATED DESIGN

**Purpose.** Sorting stations on the railways of Ukraine were built in the 1930s and in the middle of the last century. The development of the chutes of the sorting parks was influenced by the emergence of new technology, the introduction of which put forward new requirements for the elements of the plan and led to the development of directions of an integrated approach to the design of the plan and profile, taking into account the dynamics of rolling



wagons. Despite the existing achievements of scientists who have studied these issues, the problems of optimizing the design of the plan remain relevant at the present time, therefore the purpose of the study is to find ways to reduce the length of the chutes of the sorting parks. **Methods.** In the process of research, simulation modeling methods were used to obtain lines of overall distances of rolling stock passage, taking into account their distribution in curved sections and to determine the inter-track distance in curved junctions. Analytical geometry methods were used to determine the lengths of design elements. **Results.** The principal schemes of the adjacency of bypass tracks in the hill necks were considered and their geometric parameters were calculated under the condition of arranging straight-line exits. The range of reducing the length of the switch neck by reducing the inter-track distance in the case of the adjacency of the bypass track to part of the beam tracks was established. The possibility of laying adjacent switch crossings with crossings facing each other without arranging an insert between them without the possibility of parallel movement of the bypass and landing tracks was considered. The schemes of the adjacency of the bypass track with and without the laying of a cross exit were compared and it was established that the reduction of the neck length is achieved precisely when laying a cross exit and the need to lay two additional switch crossings. The principal schemes of laying curved exits of the adjacency of bypass tracks were analyzed. It is impossible to determine the position of the switches in such junctions and calculate the parameters of the connections analytically, therefore the calculations were performed using the software package considered in [14]. **Practical significance.** The results obtained in the work can be used as initial data for further research into the interaction of individual elements of sorting chutes in the search for ways to reduce their length and in solving the problem of developing an automated system for optimal design of the plan of chutes.

*Keywords:* sorting chutes, bypass track, inter-track distance, gauge line, chutes