

Елементи колійного розвитку: Приклади та задачі.

Навчальний посібник для ВНЗ

Дніпро, 2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Елементи колійного розвитку: приклади та задачі

Навчальний посібник для студентів ВНЗ

ДНІПРОПЕТРОВСЬК
2016

УДК 656.212.5/.7.078 (075.8)

ББК 39.213

Е 45

Автори:

Березовий Микола Іванович
Божко Микола Павлович
Мазуренко Олександр Олександрович
Дорош Андрій Сергійович

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. *В. Я. Негрей*
(Білоруський державний університет транспорту)
д-р техн. наук, проф. *О. М. Огар*
(Український державний університет залізничного транспорту)
д-р техн. наук, проф. *Д. М. Козаченко*
(Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна)

Рекомендовано до друку вченою радою
Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту ім. акад. В. Лазаряна (*протокол № 5 від 15.06.2016*).
Зареєстровано НМВ університету (*реєстр. №*)

Е 45 Елементи колійного розвитку: приклади та задачі [Текст] :
навч. посіб. для студентів ВНЗ / М. І. Березовий, М. П. Божко,
О. О. Мазуренко, А. С. Дорош; Дніпропетр. нац. ун-т залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2016. – 110 с.
ISBN 978-966-8471-92-6

У навчальному посібнику викладено теоретичні відомості щодо проектування елементів колійного розвитку, а також приклади розв'язування практичних задач проектування.

Призначений для виконання практичних і самостійних робіт, курсового та дипломного проектування студентами, що навчаються у вищих навчальних закладах за напрямом 275 «Транспортні технології» і вивчають дисципліну «Залізничні станції та вузли».

Іл. 43. Табл. 18. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 656.212.5/.7.078 (075.8)
ББК 39.213

ISBN 978-966-8471-92-6

© М. І. Березовий та ін., 2016
© Дніпропетр. нац. ун-т залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна,
редагування, 2016

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Важкі умови – складні топографічні, інженерно-геологічні, планувальні та інші місцеві умови, коли застосування основних норм проектування викликає значне збільшення обсягів будівельно-монтажних робіт. На існуючих лініях такими умовами є необхідність перевлаштування земляного полотна, станційних колій та штучних споруд, а також знесення капітальних будівель тощо.

Вантажна колія – колія, призначена для навантаження та/або розвантаження вантажів, та/або для сортування контейнерів у вагонах, та/або для перевантаження вантажів та інших операцій з вантажами, що визначені технологічним процесом станції.

Відмітка абсолютна – висота точки над рівневою поверхнею вздовж прямовисної лінії.

Глухе пересічення – перехрещення залізничних колій в одному рівні, яке влаштовується без застосування стрілочних переводів і включає можливість переходу рухомого складу з однієї колії на іншу.

Головна колія станції – станційна колія, що є продовженням колії перегону.

Горловина станції (парку) – зона, де укладені стрілочні переводи, що з'єднують колії та парки між собою, а також з головними, вантажними, з'єднувальними, під'їзними та ходовими коліями для локомотивів.

Граничний стовпчик – сигнальний знак у вигляді залізобетонного бруса, що встановлюється між коліями, які сходяться, і вказує місце, далі якого на колії не можна встановлювати рухомий склад у напрямку стрілочного переводу чи глухого пересічення.

Захрестовинна крива – крива залізничної колії в плані, розташована безпосередньо за хвостом хрестовини стрілочного переводу на відстані не більше 40 м від торця хрестовини.

Звичайний рух – рух пасажирських поїздів із швидкістю до 140 км/год, вантажних – із швидкістю до 120 км/год.

З'єднувальні колії – колії, що ведуть до контейнерних пунктів, паливних складів, баз, сортувальних платформ, пунктів очищення, промивання, дезінфекції вагонів, ремонту рухомого складу й виконання інших технологічних операцій, а також з'єднують окремі групи колій між собою або з головними коліями.

З'їзд (колійний) – з'єднання двох паралельних колій із застосуванням стрілочних переводів, яким рухомий склад може з'їхати з однієї колії на іншу.

Корисна довжина колії – частина повної довжини колії, у межах якої може розташовуватися рухомий склад, не погрожуючи безпеці руху суміжними коліями.

Місткість колії – кількість умовних вагонів, які можна встановити на цій колії, за винятком ділянки для встановлення локомотива.

Особливо важкі умови – це умови, що виключають можливість або техніко-економічно не виправдовують використання норм, які встановлено для основних або допускаються для важких умов.

Парк станції – група колій однакового призначення, які об'єднані спільними стрілочними горловинами.

Платформа пасажирська – службово-технічна споруда, розташована поруч із залізничними коліями та розташована над ними площадка, призначена для короткочасного перебування пасажирів (а також осіб, що їх зустрічають і проводжають), їх посадки у вагони або висадки з них.

Поперечний профіль земляного полотна – розріз земляного полотна, перпендикулярний поздовжній осі колії.

Прискорений рух – рух пасажирських поїздів зі швидкостями від 141 км/год до 160 км/год, вантажних і рефрижераторних поїздів – зі швидкостями від 121 до 140 км/год.

Рейкова колія – дві паралельні рейкові нитки, закріплені на певній відстані одна від одної.

Станційна площадка – ділянка профілю, де розташована станція, роз'їзд чи обгінний пункт.

Станційні колії – колії в межах станції: головні приймально-відправні, сортувальні, навантажувально-розвантажувальні, витяжні, деповські (локомотивного та вагонного господарства), з'єднувальні (колії, що з'єднують окремі парки на станції, що ведуть до контейнерних пунктів, паливних складів, баз, сортувальних платформ, до пунктів очищення, промивання, дезінфікування вагонів, ремонту рухомого складу, виконання інших операцій), а також інші колії, призначення яких визначають операції, що на них виконуються.

Стик рейковий – місце з'єднання між собою суміжних рейок.

Стик ізолюючий – рейковий стик, що забезпечує електричну ізоляцію суміжних рейок.

Стрілочна вулиця – колія, на якій послідовно укладено стрілочні переводи для примикання групи паралельних колій.

Упор тупиковий – стаціонарний пристрій, встановлений у кінці тупикової колії і призначений для утримання рухомого складу від сходу з колії у випадку неможливості його своєчасної зупинки.

Швидкісний рух – рух пасажирських поїздів зі швидкістю від 161 до 200 км/год.

Ширина колії – відстань між внутрішніми боковими гранями головок рейок на рівні 13 мм нижче верху головок рейок.

ВСТУП

Залізничні станції є найскладнішими елементами транспортної інфраструктури залізниць, які відіграють основну роль в обслуговуванні пасажирів, організації вагонопотоків та перевізного процесу в цілому, а також у забезпеченні руху. Основу станцій складає їх колійний розвиток, який має достатньо складну конструкцію. Кожен елемент колійного розвитку відповідає за безперебійну роботу та безпеку руху поїздів на залізничних станціях.

Останнім часом відбулися певні зміни у сфері проектування залізничних станцій та вузлів, які потребують уточнення або більш детального розрахунку окремих елементів колійного розвитку. У свою чергу це дозволить раціонально використовувати територію залізничних станцій, підвищити швидкості руху поїздів, застосовувати стандартні конструкційні рішення та елементи колії.

Навчальний посібник містить норми та теоретичні основи проектування елементів колійного розвитку залізничних станцій, а також приклади виконання практичних розрахунків.

Видання призначене для студентів вищих навчальних закладів напрямку «Транспортні технології» спеціальності «Організація перевезень і управління на транспорті (залізничний транспорт)» і може використовуватися в підготовці до практичних робіт з дисципліни «Залізничні станції та вузли», курсового та дипломного проектування.

1. Стрілочні переводи

1.1. Різновиди стрілочних переводів

Стрілочні переводи являють собою спеціальні колійні пристрої, призначені для переведення залізничного рухомого складу з однієї колії на іншу незалежно від довжини складу. Стрілочні переводи розрізняють за такими ознаками: за конструкцією, за маркою хрестовини, за типом рейок.

За *конструкцією* розрізняють: одиночні звичайні, або односторонні (схема *а* на рис. 1.1), одиночні симетричні (схема *б*) та несиметричні (схема *в*), подвійні симетричні (схема *г*) та несиметричні (схема *д*) і перехресні (схема *е*).

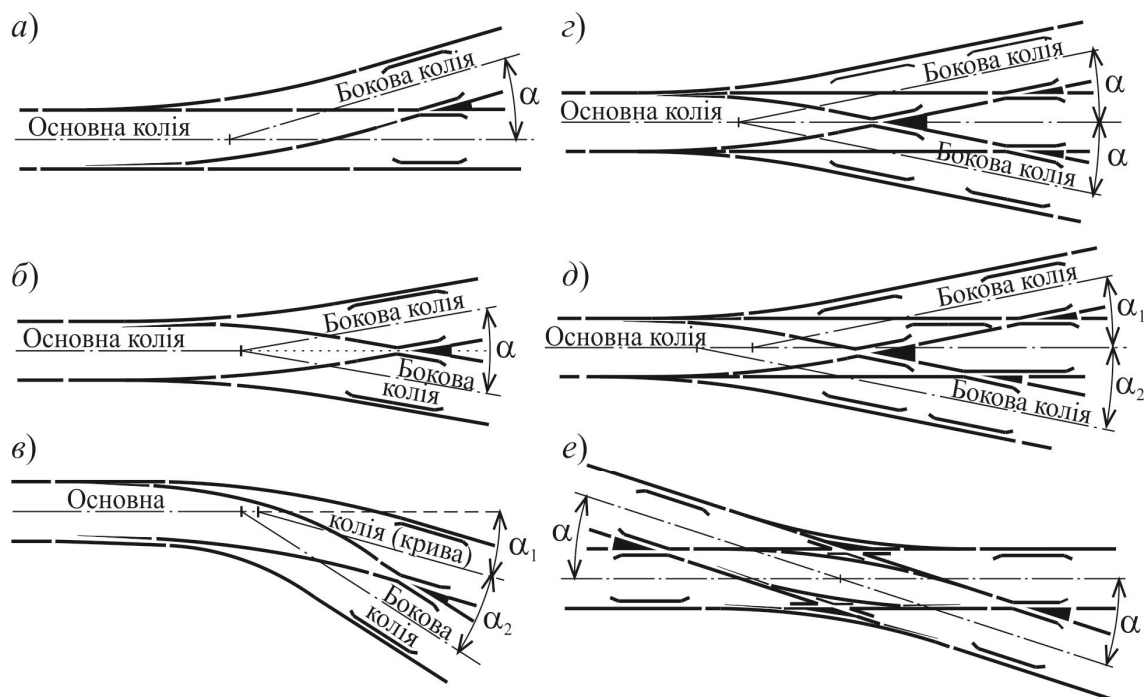


Рис. 1.1. Принципові схеми стрілочних переводів:

а – односторонній звичайний; *б* – симетричний; *в* – односторонній несиметричний;
г – подвійний різносторонній симетричний; *д* – подвійний несиметричний;
е – перехресний

Крутизна відхилення бокової колії від основної характеризується *маркою* хрестовини, яка являє собою тангенс кута α між осями колій після їх поділення (див. рис. 1.1), і виражається натуральним дробом, тобто

$$M = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{N}. \quad (1.1)$$

На залізницях України в сучасних умовах застосовують стрілочні переводи з марками хрестовин: одиночні односторонні – 1/18, 1/11, 1/9; одиночні симетричні – 1/11, 1/9, 1/6; перехресні – 1/9. Подвійні одно- та різносторонні характеризуються тільки кутами відхилення відповідних колій (α_1, α_2).

На залізницях промислових підприємств, окрім вказаних вище, використовують стрілочні переводи односторонні марки 1/7, 1/5 та симетричні марки 1/4,5.

Стрілочні переводи виготовляють з рейок Р50 або Р65 на дерев'яних або залізобетонних брусах за типовими затвердженими епюрами.

1.2. Основні елементи та параметри стрілочних переводів

При проектуванні колійного розвитку станцій необхідно уявляти конструкцію стрілочних переводів та керуватися їх геометричними параметрами.

Одиночні звичайні стрілочні переводи мають одне відхилення бокової колії від прямої основної колії. Залежно від напрямку відхилення бокової колії розрізняють правосторонні й лівосторонні переводи.

На рис. 1.2 наведено основні елементи й геометричні параметри звичайного правостороннього стрілочного переводу, зображеного нитками рейок (схема *а*) та осями колій (схема *б*). На кресленнях колійного розвитку станцій та вузлів стрілочні переводи зображуються осями колій.

Основні геометричні параметри стрілочних переводів (див. рис. 1.2):

m – відстань від початку рамної рейки до початку вістряка;

a_0 – відстань від початку вістряка до центру стрілочного переводу (ЦСП);

a – відстань від початку рамної рейки до ЦСП, $a = m + a_0$;
 b_0 – відстань від ЦСП до математичного центру хрестовини (МЦХ);
 q – відстань від МЦХ до торця осердя хрестовини;
 b – відстань від ЦСП до торця осердя хрестовини, $b = b_0 + q$;
 k_1 – довжина захрестовинної частини на спільному брусі;
 L_{Π} – повна (практична) довжина переходу, $L_{\Pi} = a + b$;
 R_{Π} – радіус перевідної кривої.

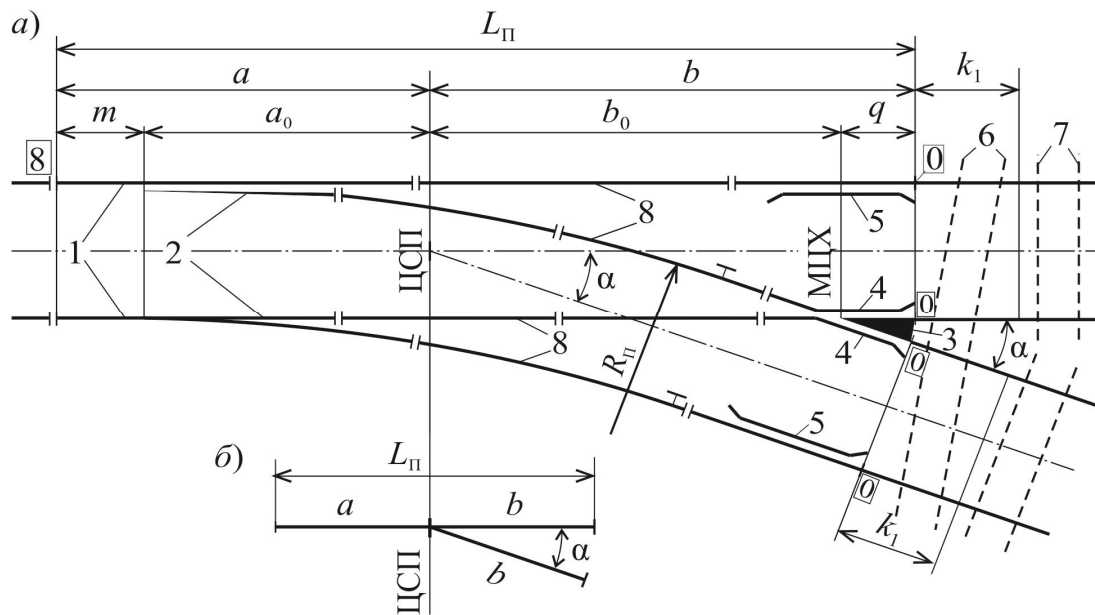


Рис. 1.2. Елементи та геометричні параметри звичайного стрілочного переходу:

1 – рамні рейки; 2 – вістряки; 3 – осердя хрестовини; 4 – вусовики; 5 – контррейки;
 6 – переводні бруси; 7 – шпали; 8 – з’єднувальні рейки; 8, 0 – зазори в стиках, мм

Числові значення параметрів односторонніх стрілочних переводів окремих типових проектів наведено в табл. 1.1. Більш повний перелік епюр стрілочних переводів та їх параметрів можна знайти в [4].

Одиночні симетричні стрілочні переводи мають дві бокові колії, кожна з яких відхиляється від основного напрямку на кут $\alpha/2$. Основні елементи й геометричні параметри одиночного симетричного стрілочного переходу наведено на рис. 1.3, а числові значення параметрів окремих типових проектів – у табл. 1.2. За рахунок зменшення кута відхилення бокової колії порівняно із звичайним переводом (відповідної марки хрестовини) збільшено радіус перевідної кривої, що збільшує швидкість руху на бокову колію.

Таблиця 1.1

**Основні розміри звичайних одиночних стрілочних переводів колії 1520 мм
(позначення на рис. 1.2)**

Тип рейок	Марка хрестовини	Кут хрестовини	Проект	Розміри елементів, м						R_{Π} , м	Швидкість, ⁵⁾ км/год
				m	a	b	q	L_{Π}	k_1 ⁴⁾		
Р65	1/18 ¹⁾	3°10'12,5"	Дн 060	3,832	25,625	36,035	8,570	61,660	12,130	962	140/80
	1/11 ²⁾	5°11'40"	Дн 300	2,385	14,059	20,799	4,045	34,858	8,605	338	140/40
	1/11 ³⁾	5°11'40"	1740	2,765	14,059	19,304	2,550	33,363	10,100	300	120/40
	1/9 ³⁾	6°20'25"	2215	2,765	15,223	15,812	2,090	31,035	8,260	200	100/40
Р50	1/11 ³⁾	5°11'40"	2497	4,323	14,471	19,054	2,300	33,525	10,350	297	120/40
	1/9 ³⁾	6°20'25"	2498	4,323	15,455	15,602	1,880	31,057	8,470	200	100/40

Примітки: ¹⁾ гнучкі вістряки, гнучке осердя хрестовини; ²⁾ гнучкі вістряки, хрестовина з поворотним осердям; ³⁾ поворотні вістряки, збірна хрестовина з литим осердям; ⁴⁾ визначено згідно з [4] для максимальної довжини бруса 5,25 м; ⁵⁾ чисельник – по прямому напрямку, знаменник – по боковому напрямку.

Таблиця 1.2

**Основні розміри симетричних стрілочних переводів колії 1520 мм
(позначення на рис. 1.3)**

Тип рейок	Марка хрестовини	Кут хрестовини	Проект	Розміри елементів, м						R_{Π} , м	Швидкість, км/год
				m	a	b	q	L_{Π}	k_1		
P65	1/11	5°11'40"	2198	2,769	12,577	19,304	2,550	31,896	10,100	600	70
	1/9	6°20'25"	2199	2,769	14,236	15,812	2,090	30,066	8,260	600	50
	1/6 ¹⁾	9°27'45"	2307.01	3,733	9,945	10,563	1,380	20,534	5,520	200	25
	1/6 ²⁾	9°27'45"	2307	0,737	6,949	10,563	1,380	17,538	5,520	200	25
P50	1/11	5°11'40"	2063	4,323	14,131	19,054	2,300	33,201	10,350	540	70
	1/9	6°20'25"	2064	4,323	15,789	15,602	1,880	31,410	8,470	422	50
	1/6 ¹⁾	9°27'45"	2212	2,175	9,945	10,563	1,380	20,534	5,520	200	25
	1/6 ²⁾	9°27'45"	1581	0,737	6,949	10,563	1,380	17,538	5,520	200	25

Примітки: ¹⁾ для приймально-відправних колій; ²⁾ для гіркових колій.

На відміну від односторонніх переводів повна (практична) довжина визначається таким чином:

$$L_{\Pi} = a + (b - q) / \cos(\alpha / 2) + q \cos(\alpha / 2).$$

Одиночні несиметричні (криволінійні) одно- та різносторонні стрілочні переводи використовують тільки в особливих умовах за відповідного обґрунтування. Епюри таких переводів та їх параметри наведені в [5] і тут не розглядаються.

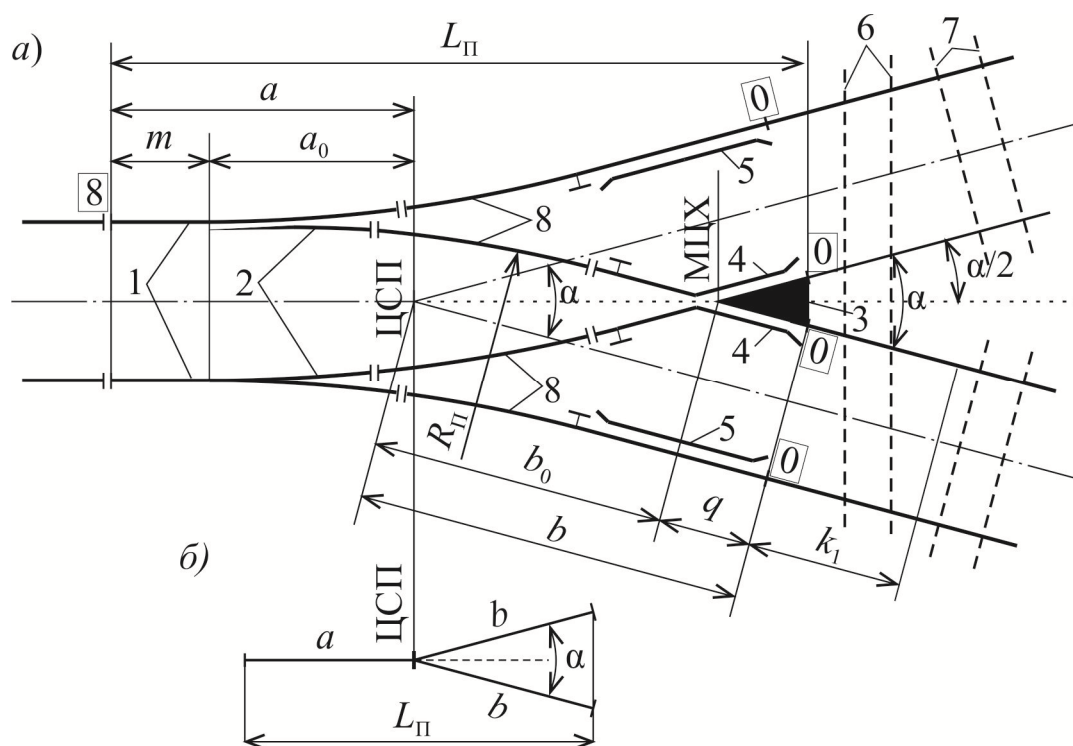


Рис. 1.3. Елементи та геометричні параметри симетричного стрілочного перевалу (позначення на рис. 1.2)

Подвійні стрілочні переводи (односторонні, різносторонні симетричні чи несиметричні, див. рис 1.1) забезпечують поділ основної колії на три колії. Такі переводи виготовляються тільки за індивідуальними проектами й на залізницях України не застосовуються.

Подвійні перехресні стрілочні переводи являють собою перетинання двох колій під кутом α і забезпечують можливість переведення рухомого складу з кожного підходу на два напрямки. Перехресні переводи виготовляються тільки марки 1/9 з рейок типу Р65 та Р50. Основні елементи й геометричні параметри подвійного перехресного

стрілочного перевodu наведено на рис. 1.4, а числові значення параметрів окремих типових проектів наведено в табл. 1.3. Перехресні переводи мають додатковий параметр A – відстань між МЦХ по осі симетрії, $A = 2b_0 / \cos(\alpha/2)$, а повна (практична) довжина визначається як $L_{\Pi} = 2(b_0 + q)$.

За своїми функціями один такий перевід замінює два односторонніх при меншій довжині, але при цьому ускладнюється його конструкція, яка має чотири пари вістряків та дві спеціальні тупі хрестовини (див. рис. 1.4).

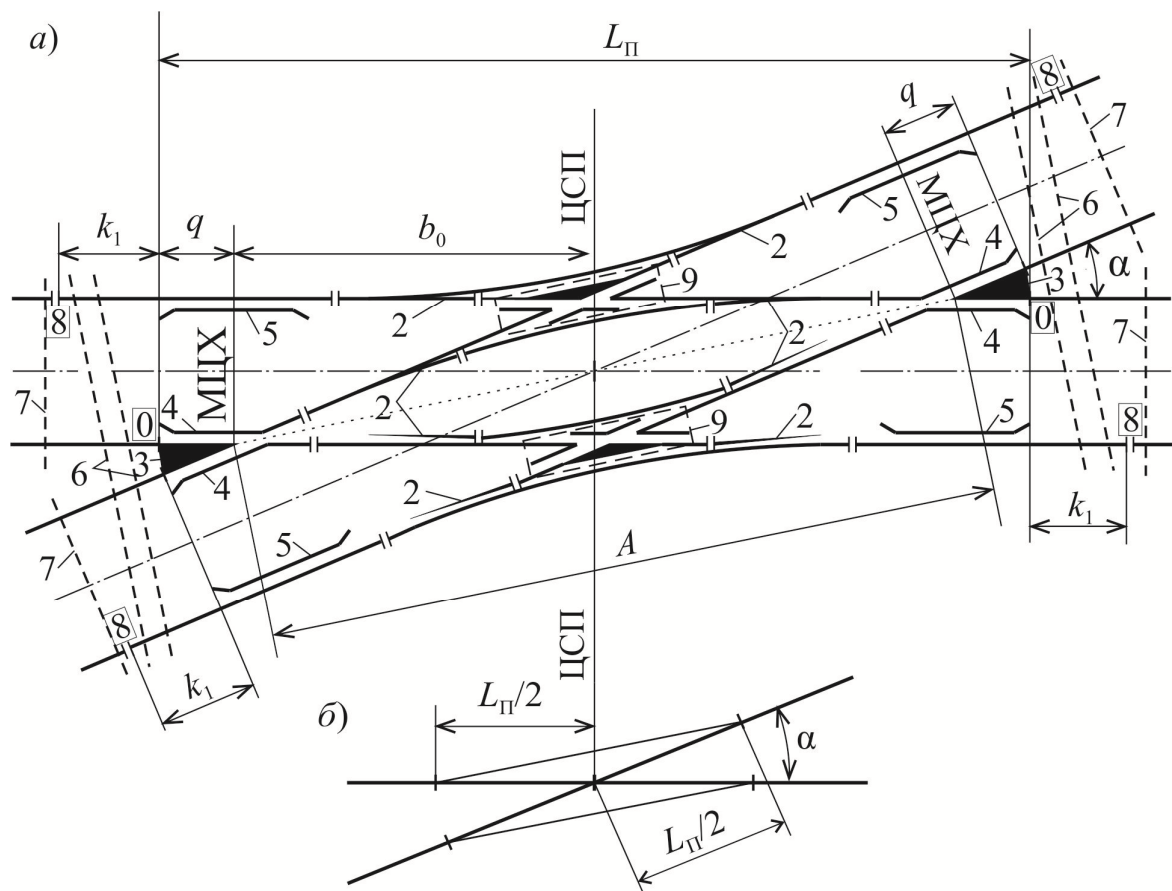


Рис. 1.4. Елементи та геометричні параметри подвійного перехресного стрілочного переводу: 9 – тупа хрестовина; інші позначення на рис. 1.2

Таблиця 1.3

**Основні розміри перехресних стрілочних переводів колії 1520 мм
(позначення на рис. 1.4)**

Тип рейок	Марка хрестовини	Кут хрестовини	Проект	Розміри елементів, м						R_{Π} , м	Швидкість, км/год
				b_0	q	A	L_{Π}	$L_{\Pi} / 2$	k_1		
P65	1/9	6°20'25"	1580	13,722	2,090	27,486	31,624	15,812	8,009	243	70/40
P50	1/9	6°20'25"	1623	13,722	1,880	27,486	31,204	15,602	8,219	243	70/40

1.3. Глухі пересічення та башмакоскидачі

У місцях перетинання двох колій без переведення рухомого складу з однієї колії на іншу використовують *глухі пересічення*. Основні елементи й геометричні параметри глухого пересічення наведено на рис. 1.5, а числові значення параметрів окремих типових проектів – у табл. 1.4.

У більшості випадків глухі пересічення використовуються в конструкціях перехресних з'їздів, тому мають кути пересічення, що дорівнюють подвійному куту хрестовин звичайних стрілочних переводів. Епюри глухих пересічень з іншими типовими кутами пересічень наведені в [5] і тут не розглядаються.

У сортувальних парках станцій використовуються такі елементи верхньої будови колій, як башмакоскидачі, основні елементи і геометричні параметри яких наведено на рис. 1.6, а числові значення параметрів типових проектів – у табл. 1.5.

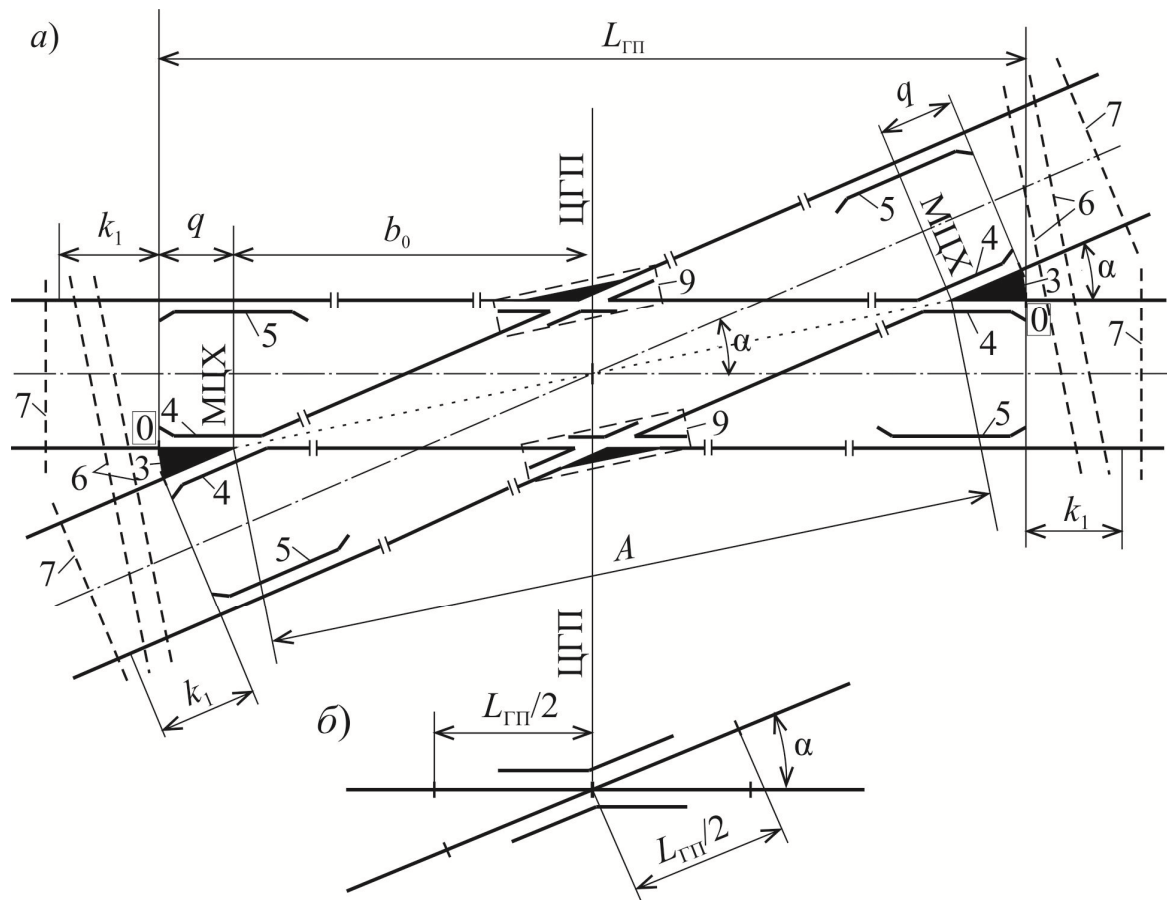


Рис. 1.5. Елементи та геометричні параметри глухого пересічення
(позначення на рис. 1.2, 1.3)

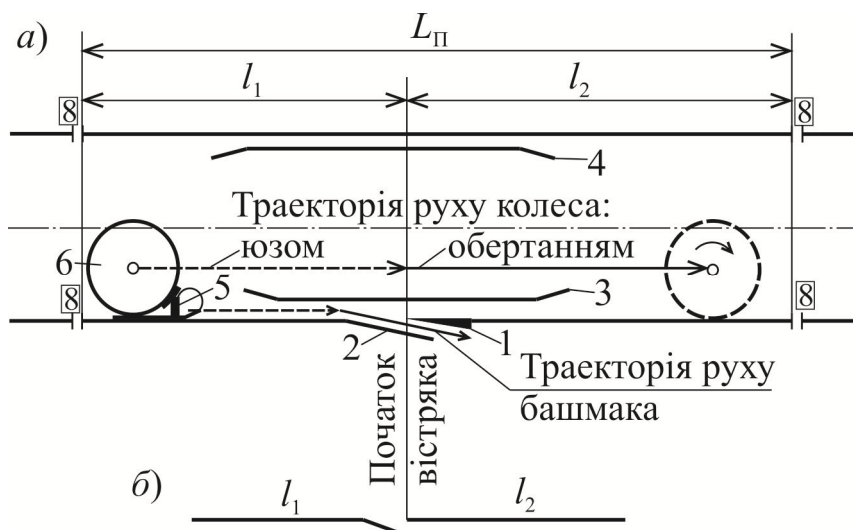


Рис. 1.6. Елементи та геометричні параметри башмакоскидача:
1 – вістряк; 2 – вусовик; 3 – контррейка направляюча; 4 – контррейка охоронна; 5 – гальмовий башмак; 6 – колесо вагона

Таблиця 1.4

Основні розміри глухих пересічень (позначення на рис. 1.5)

Тип рейок	Марка хрестовини	Кут хрестовини	Проект	Розміри елементів, м						Швидкість км/год
				b_0	q	A	$L_{ГП}$	$L_{ГП} / 2$	k_1	
P65	2/11	10°23'20"	1683	8,360	1,470	16,790	19,660	9,830	4,860	40
	2/9	12°40'50"	1684	6,840	1,300	13,764	16,280	8,140	3,880	40
P50	2/11	10°23'20"	1685	8,360	1,260	16,790	19,240	9,620	5,070	40
	2/9	12°40'50"	1686	6,840	1,035	13,764	15,750	7,875	4,145	40
	2/6	18°55'30"	1687	4,560	0,650	9,246	10,420	5,210	2,800	40

Таблиця 1.5

Основні розміри башмакоскидачів

Тип рейок	Проект	Розміри елементів, м		
		l_1	l_1	$L_{П}$
P65	1704	2,938	3,308	6,246
P50	1703			

1.4. Умови використання стрілочних переводів

Стрілочні переводи, які вкладаються в залізничні колії, за типами та параметрами повинні відповідати вимогам [1], [2].

Стрілочні переводи, які укладаються на головних коліях станцій, роз'їздів і обгінних пунктів, мають забезпечувати пропускання поїздів у прямому напрямку зі швидкістю, не меншою ніж та, яка реалізується на прилеглих перегонах. Стрілочні переводи повинні мати марки хрестовин не крутіше зазначених у табл. 1.6 і відповідати типу рейок, які укладаються в колію.

Укладання заново стрілочних переводів у головних коліях на кривих ділянках, перехресних стрілочних переводів і глухих пересічень у головні колії станцій не допускається. У виняткових випадках таке укладання може виконуватися у складних умовах при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні тільки з дозволу Головного управління колійного господарства Укрзалізниці.

Стрілочні переводи слід укладати на залізобетонних брусах та, як виняток, на дерев'яних антисептованих брусах.

Таблиця 1.6

Умови використання стрілочних переводів

Призначення стрілочних переводів		Марки хрестовин стрілочних переводів, не крутіше
Для пропускання поїздів без зупинки при розгалуженні головної колії і в шляхопровідних розв'язках зі швидкістю	понад 140 км/год до 200 км/год включно	1/18 або 1/11 із гнучкими гостряками і хрестовиною з безперервною поверхнею кочення
	до 140 км/год включно	1/11
Для приймання і відправлення пасажирських поїздів по боковій колії		1/11 або перехресні переводи та одиночні, які є продовженням перехресних, – 1/9
Для приймання і відправлення вантажних поїздів по боковій колії		1/9 або симетричні 1/6*
На з'єднаннях інших станційних колій		1/9 або симетричні 1/6*
У гіркових горловинах сортувальних парків		1/6
Диспетчерські з'їзди		1/11

Контрольні запитання та завдання

1. Які існують різновиди стрілочних переводів?
2. Виконайте зображення нитками рейок стрілочного переводу окремого типу, глухого пересічення.
3. Назвіть і покажіть на схемі основні елементи стрілочного переводу, глухого пересічення.
4. Наведіть на схемі стрілочного переводу його геометричні параметри.
5. Поясніть поняття «марка хрестовини» стрілочного переводу.
6. Назвіть марки хрестовин типових проектів стрілочних переводів (глухих пересічень).
7. Викладіть умови використання стрілочних переводів.

2. Взаємне розташування стрілочних переводів між собою та кривими ділянками колій

2.1. Норми взаємного розташування стрілочних переводів

Згідно з [2], між суміжними стрілочними переводами передбачаються прямі рейкові вставки, величина яких залежить від схеми розміщення стрілочних переводів, призначення колії, швидкості руху й умов проектування. Мінімальні розміри прямих вставок залежно від вказаних факторів наведені в табл. 2.1.

За способом визначення довжини розрізняють конструкційні вставки (d , у схемах 1, 2, 5) та розрахункові (p , у схемах 3, 4). Довжина конструкційних вставок встановлена кратною до стандартної довжини рейки (25,00 м) і приймається 25,00 м; 12,50 м; 6,25 м; а мінімальна довжина становить 4,50 м. Довжина розрахункових вставок, як випливає з їх назви, визначається шляхом розрахунків.

Розташування стрілочних переводів за схемами 3 і 4 має забезпечувати необхідну відстань e між осями паралельних колій, виходячи з чого визначаються: потрібна довжина між їх центрами

$$L_{1-2} = \frac{e}{\sin \alpha}, \quad (2.1)$$

та довжина розрахункових вставок

– для схеми 3:
$$p = \frac{e}{\sin \alpha} - (b_1 + b_2), \quad (2.2)$$

– для схеми 4:
$$p = \frac{e}{\sin \alpha} - (b_1 + a_2 + U), \quad (2.3)$$

де e – відстань між осями колій, м;

b_1 , a_2 , b_2 , α – геометричні параметри відповідно першого та другого стрілочних переводів у з'єднанні (див. п. 1.2);

U – величина рейкового стикового зазору, м.

Таблиця 2.1

Мінімальні розміри прямих вставок між суміжними стрілочними переводами

Номери схем	Схема розташування переводів	Довжина прямої вставки, м, на коліях					
		головні		приймально-відправні		інші	
		умови					
		нормальні	важкі	нормальні	важкі	нормальні	важкі
1		$\frac{12,50}{25,00}$	$\frac{6,25}{12,50}$	12,50	6,25	4,50	4,50
2		$\frac{12,50}{25,00}$	$\frac{6,25}{12,50}$	6,25	6,25	4,50	4,50
3		За розрахунком, але не менше					
4		$\frac{12,50}{25,00}$	12,50	12,50	12,50	12,50	4,50
5		$\frac{12,50}{25,00}$	$\frac{6,25}{12,50}$	6,25	6,25	4,50	4,50

Примітки: 1. У чисельнику довжина прямих вставок, які вкладаються у разі швидкості руху поїздів до 120 км/год, у знаменнику – у разі швидкості від 121 до 140 км/год. 2. У разі розташування переводів за схемами 1, 2 на інших коліях та за схемою 2 на приймально-відправних коліях за важких умов пряму вставку можна не вкладати за погодженням з організацією, яка затверджує проекти станцій. 3. У разі укладання суміжних стрілочних переводів із рейок різних типів довжина прямої вставки передбачається не менша за 12,5 м. 4. Симетричні стрілочні переводи з хрестовинами марки 1/6 в голові сортувальних парків укладаються з додержанням правил проектування сортувальних гірок.

Величина e приймається згідно з передбаченими [2] нормативами в межах корисної довжини суміжних колій, а між окремими з'їздами та стрілочними вулицями $e_n = 5,30$ м – за нормальних умов, $e_{\min} = 4,80$ м – за важких умов.

Зазори в стиках приймаються згідно з типовими епюрами стрілочних переводів: $U = 8$ мм – перед рамними рейками, $U = 0$ – у задньому стикі хрестовини.

Отримана довжина вставок p повинна бути не меншою за вказану в табл. 2.1 для відповідної схеми, в іншому випадку приймаються наведені мінімальні значення.

2.2. Відстані між стрілочними переводами

Відстані між центрами суміжних стрілочних переводів (L_{i-j}) на прямій ділянці залежать від схеми їх взаємного розміщення й параметрів стрілочних переводів.

Для наведених у табл. 2.1 схем взаємного розміщення стрілочних переводів відстані між їх центрами визначаються таким чином:

$$\text{– для схем 1 і 2} \quad L_{1-2} = a_1 + d + a_2 + 2U ; \quad (2.4)$$

$$\text{– для схеми 5} \quad L_{1-2} = b_1 + d + a_2 + U , \quad (2.5)$$

а для схем 3 і 4 – за формулою (2.1).

У практиці проектування відстані між стрілочними переводами за схемами 1, 2, 5 визначають за спеціальними таблицями, наведеними в [5]. Для найбільш поширених випадків взаємного розташування звичайних стрілочних переводів відстані між їх центрами залежно від чинних факторів наведені в табл. 2.2.

У деяких випадках вставки у схемах 1, 2, 5 можуть бути не конструкційними, а розрахунковими. Зокрема, це спостерігається, коли міжстрілочні ділянки входять до замкнутого контуру або залежать від міжколійних відстаней.

Таблиця 2.2

Відстані між стрілочними переводами

Тип рейок	d , м	Відстані L_{i-j} , м, між ЦСП суміжних переводів						
		за схемами 1, 2			за схемою 5			
		1/9-1/9	1/9-1/11	1/11-1/11	1/9-1/9	1/9-1/11	1/11-1/9	1/11-1/11
P50	12,50	43,43	42,44	41,46	43,57	42,58	47,02	46,03
	6,25	37,18	36,19	35,21	37,32	36,33	40,77	39,78
	4,50	35,43	34,44	33,46	35,57	34,58	39,02	38,03
P65	12,50	42,96	41,80	40,63	43,54	42,38	47,04	45,87
	6,25	36,71	35,55	34,38	37,29	36,13	40,79	39,62
	4,50	34,96	33,80	32,63	35,54	34,38	39,04	37,87

Примітки: 1. Розрахунки відстаней виконано з точністю до 1 мм, а їх результати округлено до 1 см. 2. Відстані розраховані за параметрами стрілочних переводів проектів: 2497 і 2498 – з рейок P50; 1740 і 2215 – з рейок P65.

У випадках, коли за умовами проектування в схемах 3, 4 між боковими коліями певна міжколійна відстань не потрібна, можуть укладатися конструкційні вставки величиною не менше вказаних у табл. 2.1. Розрахунки довжини вставок та відстаней між стрілочними переводами для вказаних випадків наведені нижче (п. 3.3).

2.3. Різновиди кривих ділянок та їх параметри

Залізнична колія у плані являє собою сукупність прямих та кривих ділянок. Прямі ділянки колій характеризуються одним параметром – довжиною. Серед кривих ділянок розрізняють *кругові* криві й *перехідні* криві.

Кругова крива, розрахункова схема якої наведена на рис. 2.1, має чотири головні точки та шість параметрів. Головними точками кругової кривої є (див. рис. 2.1): початок кривої (ПКК), середина кривої (СК), кінець кривої (ККК), вершина кута повороту (ВК).

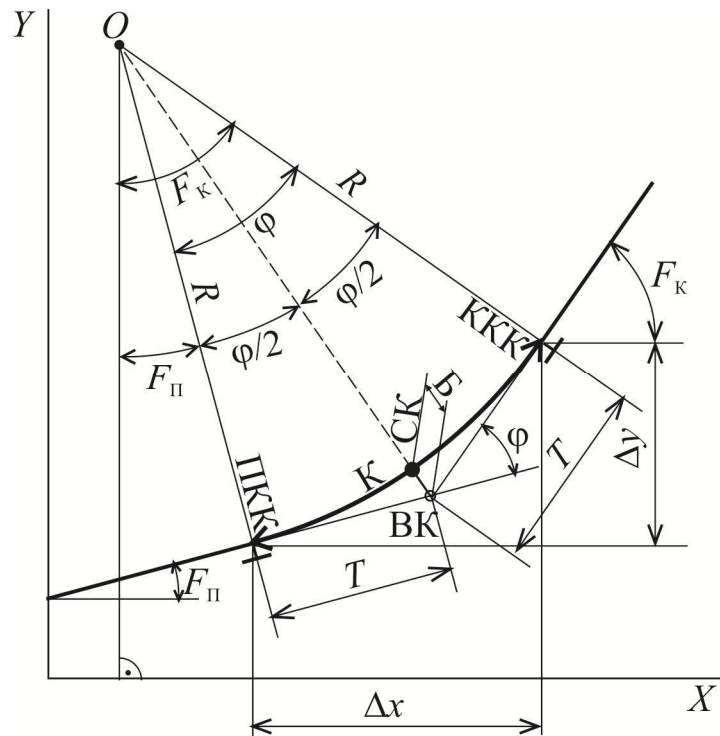


Рис. 2.1. Характеристики кругових кривих

Вихідними параметрами кругової кривої є: радіус R та кут повороту φ . Розрахунковими є такі параметри:

– тангенс кривої T – відстань від вершини кута повороту (ВК) до початку або кінця кривої

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad (2.6)$$

– довжина кривої K – відстань (по дузі) від початку до кінця кривої

$$K = \frac{\pi R \varphi}{180}; \quad (2.7)$$

– бісектриса кривої B – відстань від ВК до СК

$$B = \frac{R}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - R; \quad (2.8)$$

– домір D – різниця довжини траси колії від ПКК до ККК через ВК та по кривій

$$D = 2T - K. \quad (2.9)$$

У розрахунках колійного розвитку станційних колій користуються проекціями кругової кривої на координатні осі:

– на горизонтальну вісь X

$$\Delta x = R |(\sin F_{\Pi} - \sin F_K)|; \quad (2.10)$$

– на вертикальну вісь Y

$$\Delta y = R |(\cos F_{\Pi} - \cos F_K)|, \quad (2.11)$$

де F_{Π} , F_K – кут нахилу колії до осі X відповідно на початку та в кінці кривої.

На головних та приймально-відправних коліях, призначених для пропуску поїздів без зупинки, криві ділянки радіусом $R \leq 3000$ м мають сполучатися із прямими ділянками за допомогою *перехідних кривих*. Перехідні криві призначені для забезпечення плавного поступового переходу рухомого складу з прямої ділянки в криву (і навпаки) без бокових ударів коліс об рейки. Для цього перехідна крива має змінну кривизну і в її межах зовнішня рейка колії поступово підвищується над внутрішньою. Принципова схема перехідної кривої з відповідними елементами та параметрами наведена на рис. 2.2.

Головні точки перехідної кривої: початок кривої (ППК) – точка поєднання перехідної кривої з прямою ділянкою, кінець кривої (КПК) – точка поєднання перехідної кривої з круговою кривою, а вихідним параметром є радіус кругової кривої R .

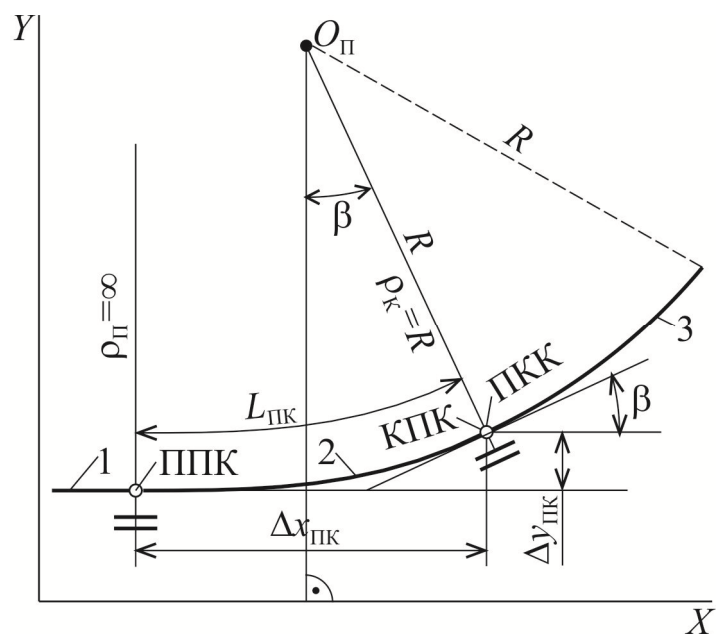


Рис. 2.2. Схема перехідної кривої:
1 – пряма ділянка; 2 – перехідна крива; 3 – кругова крива

Кривизна перехідної кривої (радіус ρ в окремій точці кривої) зменшується пропорційно довжині ділянки l від ППК і описується рівнянням радіоїдальної спіралі:

$$\rho = \frac{C}{l}, \quad (2.12)$$

де C – параметр перехідної кривої.

Параметр перехідної кривої визначається як

$$C = RL_{\Pi K}, \quad (2.13)$$

де $L_{\Pi K}$ – довжина перехідної кривої.

З (2.12) випливає, що на початку перехідної кривої, коли $l = 0$, її кривизна становить $\rho_{\Pi} = \infty$, тобто пряма лінія, а в кінці перехідної кривої кривизна дорівнює радіусу кругової кривої $\rho_K = R$.

Згідно з інструкцією [4], довжина перехідної кривої визначається за формулою

$$L_{\Pi K} = \frac{h}{i}, \quad (2.14)$$

де h – підвищення зовнішньої рейки в круговій кривій, мм;

i – ухил відводу підвищення, мм/м.

Одержана за формулою (2.14) довжина $L_{ПК}$ округлюється до величини, кратної 10 м у ближчий бік, і повинна бути не менше 20 м.

Підвищення зовнішньої рейки в кривих, мм, визначається за формулою

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{ср}}^2}{R}, \quad (2.15)$$

де $V_{\text{ср}}$ – середньозважена швидкість руху поїздів, км/год.

Підвищення, одержане за формулою (2.15), округлюється до величини, кратної 5 мм у ближчий бік, і згідно з ПТЕ [1] не повинно бути більшим 150 мм. Величини підвищення, розраховані за формулою (2.15) для окремих значень швидкості руху та радіусів кривих, наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Підвищення зовнішньої рейки в кривих

$V_{\text{ср}}$, км/год	Підвищення, мм, зовнішньої рейки в кривих радіусом, м									
	500	600	800	1000	1200	1600	1800	2000	3000	4000
67	110	95	70	55	45	35	30	30	20	15
77	150	125	95	75	60	45	40	35	25	20
85	-	150	115	90	75	55	50	45	30	25
90	-	-	125	100	85	65	55	50	35	25

Ухил відводу підвищення i приймається згідно з інструкцією [4] залежно від максимальної швидкості руху поїздів V_{max} на ділянці колії. Величини ухилів відводу для окремих значень швидкості руху наведені в табл. 2.4.

Розраховані за формулою (2.14) довжини перехідних кривих для окремих значень радіусів кривих та швидкостей руху поїздів наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.4

Ухили відводів підвищення зовнішньої рейки в кривих

Норми ухилів	Значення ухилів відводу, мм/м, при $V_{\max}$, км/год				
	60	80	100	120	140
Рекомендовані	1,9	1,4	1,0	0,7	0,5
Гранично допустимі	2,7	1,9	1,4	1,0	0,7

Таблиця 2.5

Довжина перехідних кривих

$V_{\text{ср}}$, км/год	V_{max} , км/год	i , мм/м	Довжина перехідної кривої, м, при радіусі кривої, м								
			500	600	800	1000	1200	1600	1800	2000	3000
67	80	1,4	80	70	50	40	30	30	20	20	20
77	100	1,0	150	130	100	80	60	50	40	40	30
85	120	0,7	-	210	160	130	110	80	70	60	40
90	140	0,5	-	-	250	200	170	130	110	100	70

Для можливості розрахунку параметрів перехідної кривої рівняння радіоїдальної спіралі (2.12) перетворено (з достатньою точністю) у такі формули:

– параметрична форма

$$x = l - \frac{l^5}{40C^2}; \quad (2.16)$$

$$y = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^3}; \quad (2.17)$$

– прямокутна система координат

$$y = \frac{x^3}{6C}. \quad (2.18)$$

З допомогою (2.16) і (2.17) можна визначити (при $l = L_{\text{ПК}}$) проекції перехідної кривої на відповідні координатні осі (див. рис. 2.2):

$$\Delta x_{\text{ПК}} = L_{\text{ПК}} - \frac{L_{\text{ПК}}^5}{40C^2}; \quad (2.19)$$

$$\Delta y_{\text{ПК}} = \frac{L_{\text{ПК}}^3}{6C} - \frac{L_{\text{ПК}}^7}{336C^3}. \quad (2.20)$$

Величина кута повороту β у межах перехідної кривої (див. рис. 2.2) визначається за формулою

$$\beta = \frac{57,3L_{\text{ПК}}}{2R}. \quad (2.21)$$

Розрахункова схема для визначення параметрів плану колій у кривих ділянках за наявності перехідних кривих наведена на рис. 2.3.

За вихідними даними R та φ кривої ділянки та формулами (2.6)–(2.8) визначаються параметри T , K , B кругової кривої з центром у точці O_K без перехідних кривих (лінія 1 на рис. 2.3). Улаштування перехідних кривих приводить до зміщення кругової кривої на величину P у напрямку бісектриси кута повороту φ (лінія 2 на рис. 2.3) з новим центром кривої в точці $O_{\text{П}}$.

Розрахункові параметри плану колії з перехідними кривими визначаються таким чином.

За формулами (2.19) та (2.20) розраховуються відповідні проекції перехідної кривої на координатні осі $\Delta x_{\text{ПК}}$ та $\Delta y_{\text{ПК}}$, а за формулою (2.21) – величина кута повороту β у межах перехідної кривої, яка повинна відповідати умові $\beta < \frac{\varphi}{2}$, інакше потрібно коригувати вихідні дані: збільшувати радіус кривої чи зменшувати швидкості руху поїздів.

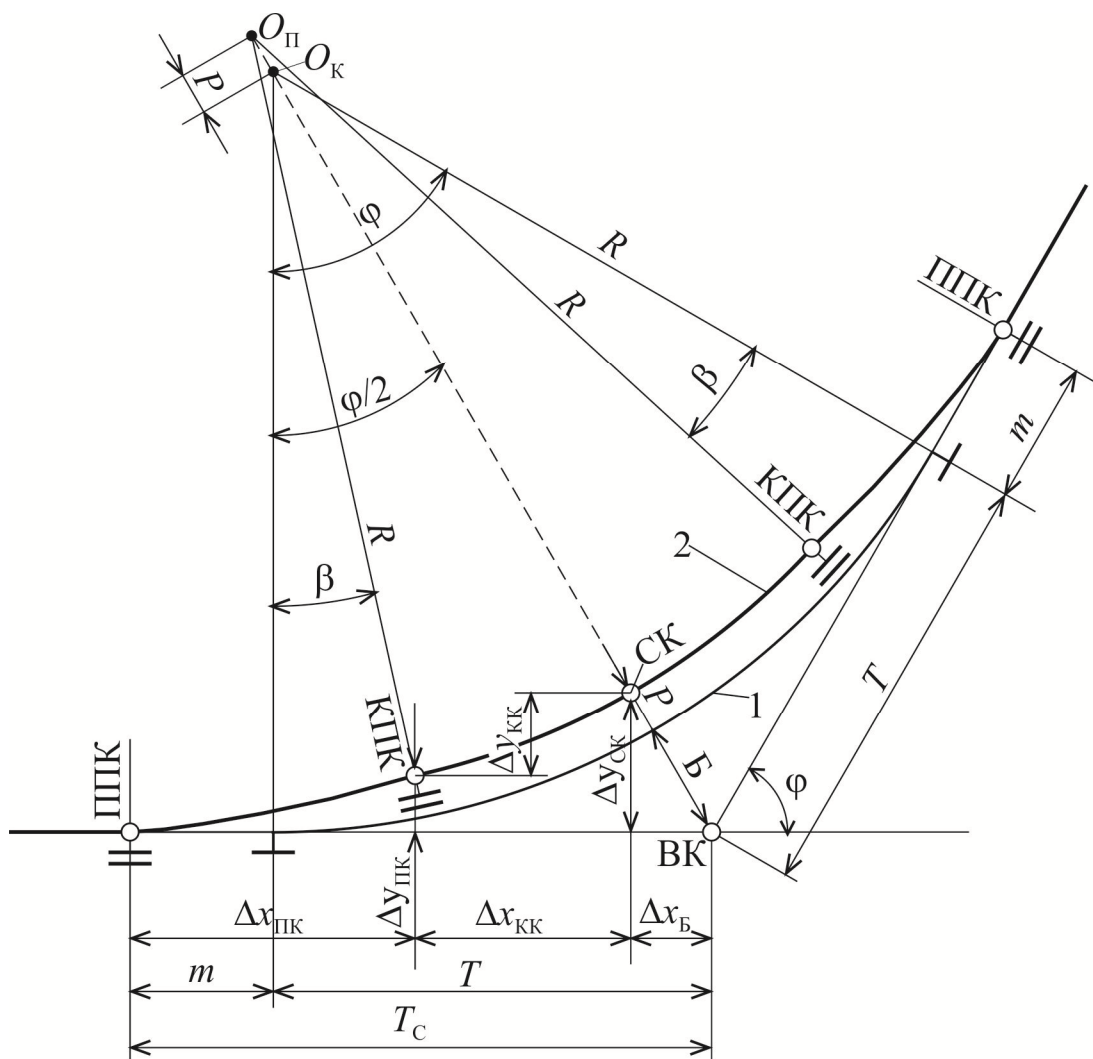


Рис. 2.3. Елементи кривої ділянки з перехідними кривими.
План колії: 1 – без перехідних кривих; 2 – з перехідними кривими

Проекції Δx_{KK} та Δy_{KK} на координатні осі половини дуги кругової кривої 2 (від КПК до середини кривої СК) можуть бути розраховані з використанням відповідно (2.10) та (2.11):

$$\Delta x_{KK} = R \left| \sin \frac{\varphi}{2} - \sin \beta \right|. \quad (2.22)$$

$$\Delta y_{KK} = R \left| \cos \frac{\varphi}{2} - \cos \beta \right|. \quad (2.23)$$

З використанням Δy_{KK} розраховуються:

– ордината середини кривої 2

$$\Delta y_{CK} = \Delta y_{ПК} + \Delta y_{КК}; \quad (2.24)$$

– бісектриса кривої 2

$$(B + P) = \frac{\Delta y_{CK}}{\cos \frac{\varphi}{2}}; \quad (2.25)$$

– її проекція на горизонтальну вісь

$$\Delta x_B = \Delta y_{CK} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (2.26)$$

– зміщення кругової кривої

$$P = \frac{\Delta y_{CK}}{\cos \frac{\varphi}{2}} - B. \quad (2.27)$$

З використанням горизонтальних проекцій елементів визначається сукупний тангенс кривих

$$T_C = \Delta x_{ПК} + \Delta x_{КК} + \Delta x_B \quad (2.28)$$

та величина подовження тангенса кругової кривої:

$$m = T_C - T. \quad (2.29)$$

Загальна довжина кривої ділянки між точками початку перехідних кривих становить:

$$K_C = 2L_{ПК} + \frac{\pi R(\varphi - 2\beta)}{180}. \quad (2.30)$$

Результати розрахунків показують, що величина подовження тангенса кругової кривої приблизно дорівнює половині довжини перехідної кривої, тобто $m \approx L_{ПК} / 2$, і різниця між ними не перевищує 1 м.

Зважаючи на це, в навчальному проектуванні з метою скорочення обсягу розрахунків допускається приймати

$$m = L_{ПК} / 2. \quad (2.31)$$

2.4. Норми взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок колій

Згідно з [2], між стрілочним переводом і суміжною кривою має вкладатися пряма ділянка колії, яка за способом визначення довжини може бути нормативною (k) чи розрахунковою (f).

Основне призначення прямих ділянок полягає у забезпеченні узгодження параметрів колії стрілочного переводу та суміжної кривої. У кривих ділянках колії згідно з [4] передбачається: улаштування перехідних кривих, підвищення зовнішньої рейки, поширення колії, параметри яких залежать від радіуса кривої, призначення колії та швидкості руху.

Перехідна крива, а за її відсутності – кругова крива, яка влаштовується за хрестовиною стрілочного переводу, має починатися за останнім перевідним брусом (на відстані не менше ніж k_1 за хрестовиною).

За потреби улаштування підвищення зовнішньої рейкової нитки (h) у кривій ділянці, відвід підвищення має починатися за останнім перевідним брусом стрілочного переводу, але не ближче, ніж 2,0 м від заднього стику хрестовини. Порядок визначення та величини підвищення зовнішньої рейкової нитки в кривій ділянці наведені в п. 2.3.

Криві ділянки станційних колій (крім головних і приймально-відправних, якими передбачається пропуск поїздів без зупинки) слід проектувати без підвищення зовнішньої рейки і без перехідних кривих.

На кривих ділянках колій на *дерев'яних шпалах* передбачається збільшення ширини колії, норма якої залежить від радіуса кривої і наведена у табл. 2.6. Розширення колії здійснюється в межах перехідної кривої (а за її відсутності – у межах прямої ділянки) на довжині ділянки відводу розширення k , величина якої залежить від призначення колій і наведена в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Норми ширини колії в кривих ділянках

Параметри колії		Значення параметрів залежно від радіуса кривої, м			
		≥ 650	649–450	449–300	≤ 299
Ширина колії, мм		1520	1530	1535	1540
Довжина прямої ділянки k , м, на коліях	приймально-відправних з наскрізним пропуском поїздів	0	10	15	20
	приймально-відправних за нормальних умов	0	5	8	10
	приймально-відправних за важких умов та інших коліях	0	3	5	7

На коліях із залізобетонними шпалами криві ділянки слід проектувати радіусом, не меншим за 350 м з нормою ширини колії як на прямих ділянках – 1520 мм.

На головних коліях, де передбачено рух пасажирських поїздів зі швидкостями більше 120 до 140 км/год, між рамними рейками або між торцем хрестовини стрілочного перевodu та початком перехідної кривої повинні бути прямі вставки k_2 довжиною не менше 25 м.

Призначення, прийняті позначення та вимоги до довжини прямих нормативних ділянок наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

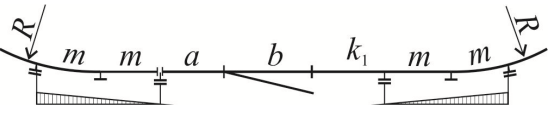
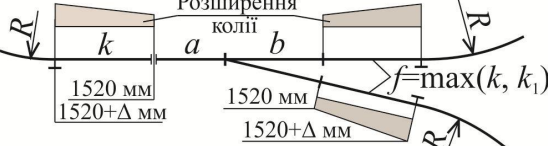
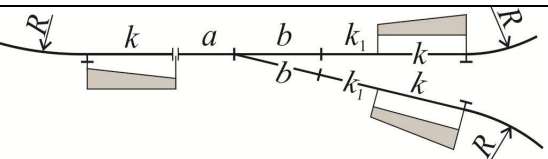
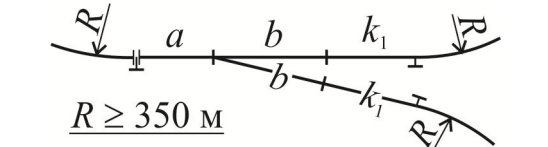
Параметри прямих нормативних ділянок між стрілочним перевodom і суміжною кривою

Призначення ділянок	Позначення	Величина, м
Забезпечення плавності та безпеки руху на швидкостях від 121 до 140 км/год	k_2	25,00
Забезпечення однакового рівня рейок на стрілочних брусах за хрестовиною стрілочного перевodu	k_1	Див. епюри стрілок
Влаштування поширення колії до потрібної величини у кривій ділянці колій	k	Див. табл. 2.6

Викладені вимоги до взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок наведені у вигляді схем у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Схеми взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок

Призначення колій та умови руху		Шпали колій	Схеми взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок	№ схеми
		Бруси стрілок		
Головні та приймально-відправні для пропуску поїздів без зупинки зі швидкістю, км/год	121... 140	Залізобетонні		1
		Залізобетонні		
	до 120	Залізобетонні		2
		Залізобетонні		
Приймально-відправні (пропуск поїздів без зупинки не передбачається) й інші колії		Дерев'яні		3
		Дерев'яні		
		Дерев'яні		4
		Залізобетонні		
		Залізобетонні		5
		Дерев'яні або залізобетонні		

Примітка: m – половина довжини перехідної кривої.

Необхідно підкреслити, що вставки d , p , k_2 являють собою рейкові рубки відповідної довжини, а величини k , k_1 – довжину прямих ділянок між відповідними точками й не збігаються з довжиною рейкових рубок.

Приклади розв'язання задач

Задача 2.1. Визначити відстань між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 2.4, *а* схемою їх розташування й такими даними: головна колія, рейки Р65, швидкість руху поїздів до 120 км/год, нормальні умови.

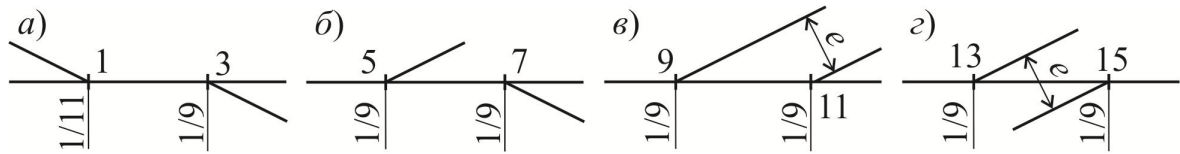


Рис. 2.4. Схеми розташування стрілочних переводів до задач 2.1 – 2.4

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів:

- СП № 1: рейки Р65, $M = 1/11$, $V \leq 120$ км/год, проект 1740, $a = 14,059$ м, $b = 19,304$ м;
- СП № 3: рейки Р65, $M = 1/9$, $V \leq 120$ км/год, проект 2215, $a = 15,223$ м, $b = 15,812$ м.

Стрілочні переводи розташовані за схемою 1 (табл. 2.1), і для заданих умов між ними передбачається пряма рейкова вставка довжиною $d = 12,50$ м. Відстань між ЦСП для цієї схеми укладання визначається за (2.4):

$$L_{1-3} = a_1 + d + a_2 + 2U = 14,059 + 12,50 + 15,223 + 2 \cdot 0,008 = 41,798 \text{ м.}$$

Тут $U = 0,008$ м – нормативний зазор у стиках перед рамними рейками.

Задача 2.2. Визначити відстань між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 2.4, *б* схемою їх розташування і такими даними: приймально-відправна колія, рейки Р50, нормальні умови.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів № 5 і № 7: рейки Р50, $M = 1/9$, проект 2498, $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м.

Стрілочні переводи розташовані за схемою 5 (див. табл. 2.1), і для

заданих умов між ними передбачається пряма рейкова вставка довжиною $d = 6,25$ м. Відстань між ЦСП для даної схеми укладання визначається за (2.5):

$$L_{1-3} = b_1 + d + a_2 + U = 15,602 + 6,25 + 15,455 + 0,008 = 37,315 \text{ м.}$$

Задача 2.3. Визначити величину рейкової вставки та відстань між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 2.4, в схемою їх розташування й такими даними: приймально-відправна колія, рейки Р50, нормальні умови, міжколійна відстань $e = 5,30$ м.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів № 9 і № 11: рейки Р50, $M = 1/9$, проект 2498, $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$.

Стрілочні переводи розташовані за схемою 4 (табл. 2.1), і відстань між їх ЦСП визначається за (2.1):

$$L_{9-11} = \frac{e}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = \frac{5,30}{0,110433} = 47,993 \text{ м.}$$

Пряма рейкова вставка між хрестовиною СП № 9 і рамними рейками СП № 11 (з урахуванням одного стикового зазору $U = 8$ мм) дорівнює

$$p_{9-11} = L_{9-11} - (b_9 + a_{11} + U) = 47,993 - (15,602 + 15,455 + 0,008) = 16,928 \text{ м.}$$

Отримана вставка $p_{9-11} = 16,928$ м перевищує нормативну (12,50 м) для даної схеми і заданих умов (див. табл. 2.1).

Задача 2.4. Визначити величину рейкової вставки та відстань між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 2.4, з схемою їх розташування й такими даними: приймально-відправна колія, рейки Р50, важкі умови, міжколійна відстань $e = 4,80$ м.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів № 13 і № 15: рейки Р50, $M = 1/9$, проект 2498, $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$.

Стрілочні переводи розташовані за схемою 3 (табл. 2.1), і відстань між їх ЦСП визначається за (2.1):

$$L_{13-15} = \frac{e}{\sin \alpha} = \frac{4,80}{\sin 6^{\circ} 20' 25''} = \frac{4,80}{0,110433} = 43,465 \text{ м.}$$

Пряма рейкова вставка між хрестовинами СП № 13 і СП № 15 згідно з (2.2) дорівнює (за відсутності стикових зазорів):

$$p_{13-15} = L_{13-15} - (b_{13} + b_{15}) = 43,465 - (15,602 + 15,602) = 12,261 \text{ м.}$$

Отримана вставка $p_{13-15} = 12,261 \text{ м}$ менша за нормативну (12,50 м) для цієї схеми й заданих умов (див. табл. 2.1), тому слід прийняти $p_{13-15} = 12,50 \text{ м}$ і визначити відстань між ЦСП переводів № 13 і № 15:

$$L_{13-15} = b_{13} + p_{13-15} + b_{15} = 15,602 + 12,500 + 15,602 = 43,704 \text{ м.}$$

При цьому міжколійна відстань між боковими коліями буде дорівнювати $e = L_{13-15} \sin \alpha = 43,704 \cdot 0,110433 = 4,826 \text{ м}$ і перевищує мінімально допустиму.

Задача 2.5. Виконати розрахунок параметрів кривої ділянки головної колії за такими вихідними даними: радіус кругової кривої $R = 1000 \text{ м}$, кут повороту $\varphi = 60^{\circ}$; швидкості руху поїздів: середньозважена $V_{\text{ср}} = 77 \text{ км/год}$, максимальна $V_{\text{max}} = 100 \text{ км/год}$.

Розв'язання. Розрахунки параметрів кривої ділянки здійснюються за розрахунковою схемою, наведеною на рис. 2.3.

За формулами (2.6)–(2.8) визначаються параметри кругової кривої (за відсутності перехідних кривих):

$$T = 1000 \operatorname{tg} \frac{60}{2} = 577,350 \text{ м;}$$

$$K = \frac{\pi 1000 \cdot 60}{180} = 1047,198 \text{ м;}$$

$$Б = \frac{1000}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)} - 1000 = 154,701 \text{ м.}$$

За табл. 2.5 визначається довжина перехідної кривої: $L_{ПК} = 80$ м, і за формулою (2.13) – параметр перехідної кривої:

$$C = 1000 \cdot 80 = 80\,000.$$

Визначаються інші параметри перехідної кривої:

– проекція на горизонтальну вісь за виразом (2.19)

$$\Delta x_{ПК} = 80 - \frac{80^5 L_{ПК}^5}{40 \cdot 80\,000^2} = 79,987 \text{ м};$$

– проекція на вертикальну вісь за виразом (2.20)

$$\Delta y_{ПК} = \frac{80^3}{6 \cdot 80\,000} - \frac{80^7}{336 \cdot 80\,000^3} = 1,067;$$

– величина кута повороту в межах перехідної кривої за виразом (2.21):

$$\beta = \frac{57,3 \cdot 80}{2 \cdot 1000} = 2,292^\circ.$$

Оскільки отримано $(\beta = 2,292^\circ) < (\frac{\varphi}{2} = 30^\circ)$, то за наведеними вихідними даними можливе сумісне вписування кругової та перехідних кривих.

За (2.22) та (2.23) визначаються проекції половини дуги кругової кривої 2:

$$\text{– горизонтальна } \Delta x_{КК} = 1000 \left| \left(\sin \frac{60}{2} - \sin(2,292) \right) \right| = 460,011 \text{ м};$$

$$\text{– горизонтальна } \Delta y_{КК} = R \left| \left(\cos \frac{60}{2} - \cos(2,292) \right) \right| = 133,175 \text{ м}.$$

З використанням отриманих даних за формулами (2.24)–(2.27) розраховуються:

$$\text{– ордината середини кривої 2 } \Delta y_{СК} = 1,067 + 133,175 = 134,242 \text{ м};$$

$$- \text{бісектриса кривої 2 (Б + Р)} = \frac{134,242}{\cos \frac{60}{2}} = 155,009 \text{ м};$$

$$- \text{проекція (Б + Р) на горизонтальну вісь}$$

$$\Delta x_B = 134,242 \cdot \operatorname{tg} \frac{60}{2} = 77,505 \text{ м};$$

$$- \text{зміщення кругової кривої Р} = \frac{134,242}{\cos \frac{60}{2}} - 154,701 = 0,308 \text{ м}.$$

Сукупний тангенс кривих за формулою (2.28) дорівнює

$$T_C = 79,987 + 460,011 + 77,505 = 617,503 \text{ м},$$

величина подовження тангенса кругової кривої згідно з (2.29) становить

$$m = 617,503 - 577,350 = 40,153 \text{ м},$$

а загальна довжина кривої ділянки за (2.30) складає

$$K_C = 2 \cdot 80 + \frac{\pi \cdot 1000(60 - 2 \cdot 2,292)}{180} = 1127,198 \text{ м}.$$

Результати розрахунків показують, що подовження тангенса кругової кривої m приблизно дорівнює половині довжини перехідної кривої ($m = 40,153 \text{ м}$) $\approx \left(\frac{L_{\text{ПК}}}{2} = 40,0 \text{ м} \right)$ і розрахунки параметрів кривої ділянки можливо було виконувати з використанням (2.31).

Задача 2.6. За наведеною на рис. 2.5 схемою визначити найменші відстані між ЦСП стрілочного перевodu № 5 і початком кругових кривих ВК1 і ВК2 за таких вихідних даних.

Стрілочний перевід № 5 звичайний, марка хрестовини 1/11, тип рейок Р65, на залізобетонних шпалах (проект 1740).

Колія № I – головна, тип рейок Р65, на залізобетонних шпалах. Колія № 7 – приймально-відправна, тип рейок Р50, на дерев'яних шпалах.

Кругові криві радіусом $R_1 = 800 \text{ м}$, $R_2 = 200 \text{ м}$, довжина перехідної кривої дорівнює $L_{\text{ПК}} = 50,0 \text{ м}$.

Максимальна швидкість руху головною колією становить 100 км/год.

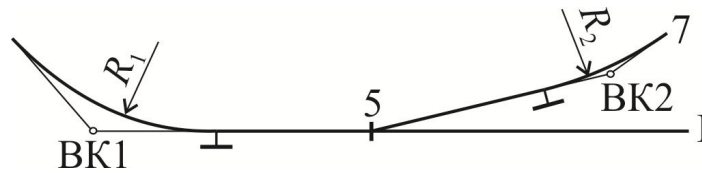


Рис. 2.5. Розрахункова схема до задачі 2.6

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаються параметри стрілочного переходу: $a = 14,059$ м, $b = 19,304$ м, $k_1 = 10,10$ м.

При швидкості руху до 120 км/год ділянка k_2 не передбачається. При $R_1 = 800$ м поширення колії не здійснюється, тому на головній колії $k = 0$ (див. табл. 2.6), а при $R_2 = 200$ м на приймально-відправних коліях за нормальних умов колія поширюється до 1540 мм на прямій ділянці довжиною $k = 10,0$ м після останнього перевідного бруса стрілочного переходу.

Розрахункова схема взаємного розташування стрілочного переходу й кривих ділянок має наведений на рис. 2.6 вигляд. Згідно з цією схемою визначаються:

– відстань між ЦСП № 5 і початком кругової кривої BK1

$$L_1 = a_5 + \frac{L_{\text{ПК}}}{2} = 14,059 + \frac{50,0}{2} = 39,059 \text{ м};$$

– відстань між ЦСП № 5 і початком кругової кривої BK2

$$L_2 = b_5 + k_1 + k = 19,304 + 10,100 + 10,0 = 39,404 \text{ м}.$$

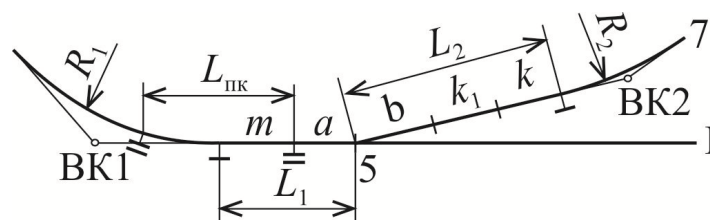


Рис. 2.6. Елементи та параметри плану колій до задачі 2.6

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить величина нормативної рейкової вставки між стрілочними переводами?
2. Які передбачені величини нормативних рейкових вставок між стрілочними переводами?
3. Чим пояснюються прийняті величини нормативних рейкових вставок між стрілочними переводами?
4. Які величини рейкових стикових зазорів передбачаються перед рамними рейками і за торцем хрестовини стрілочних переводів?
5. Які передбачені величини нормативних рейкових вставок між стрілочними переводами з рейок різних типів?
6. Як визначити відстань між центрами стрілочних переводів та величину рейкової вставки між ними у випадку суміжних переводів різної марки хрестовини за схемою на рис. 2.7, а?

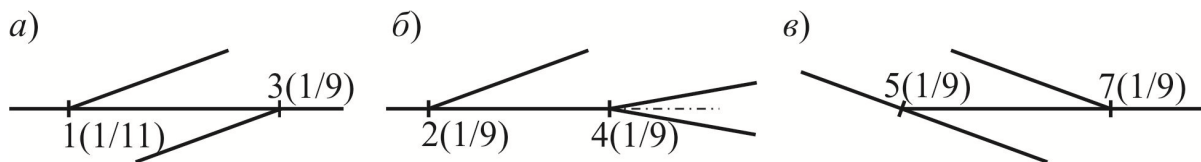


Рис. 2.7. Схеми до контрольних запитань

7. Як визначити величину рейкової вставки між стрілочними переводами і відстань між їх центрами за схемами на рис. 2.7, б і 2.7, в?
8. Назвіть головні точки плану кругової залізничної колії.
9. Назвіть основні параметри плану кругової залізничної колії.
10. Накресліть схему плану кругової кривої та покажіть її основні параметри.
11. Поясніть параметр «кут повороту кругової кривої».
12. Як визначається і що характеризує параметр тангенс (довжина, бісектриса, домір) кругової кривої?
13. Як розрахувати проекцію дуги кругової кривої на горизонтальну (вертикальну) вісь?
14. Що таке «перехідна крива» та її призначення?
15. За яких умов передбачається улаштування перехідної кривої?
16. Як розташовується перехідна крива відносно кругової кривої?
17. Назвіть головні точки перехідної кривої.

18. Яку кривизну має перехідна крива?
19. Які особливості улаштування залізничної колії в межах перехідної кривої?
20. Від чого залежить і як визначається довжина перехідної кривої?
21. Як визначається величина кута повороту в межах перехідної кривої?
22. Як визначається величина сукупного тангенса (сукупної довжини) кривої ділянки з перехідними кривим?
23. Яке призначення прямих ділянок колій між стрілочним переводом і суміжною кривою?
24. Яке призначення прямої ділянки « k » між стрілочним переводом і суміжною кривою?
25. Від чого залежить величина прямої ділянки « k » між стрілочним переводом і суміжною кривою?
26. Яке призначення прямої ділянки « k_1 » між стрілочним переводом і суміжною кривою?
27. Яка величина та умови застосування прямої ділянки « k_2 » між стрілочним переводом і суміжною кривою?
28. Поясніть принципові відмінності між вставками d , p , k_2 та ділянками k , k_1 .
29. Зобразіть будь-яку схему взаємного розташування стрілочного переводу та кривої ділянки і для прийнятих умов наведіть складові елементи за зразком схем у табл. 2.8.

3. З'єднання залізничних колій

3.1. Кінцеві сполучення колій

Кінцеве сполучення суміжних колій здійснюється з використанням стрілочного переходу й однієї або декількох з'єднувальних кривих за можливими схемами, наведеними на рис. 3.1.

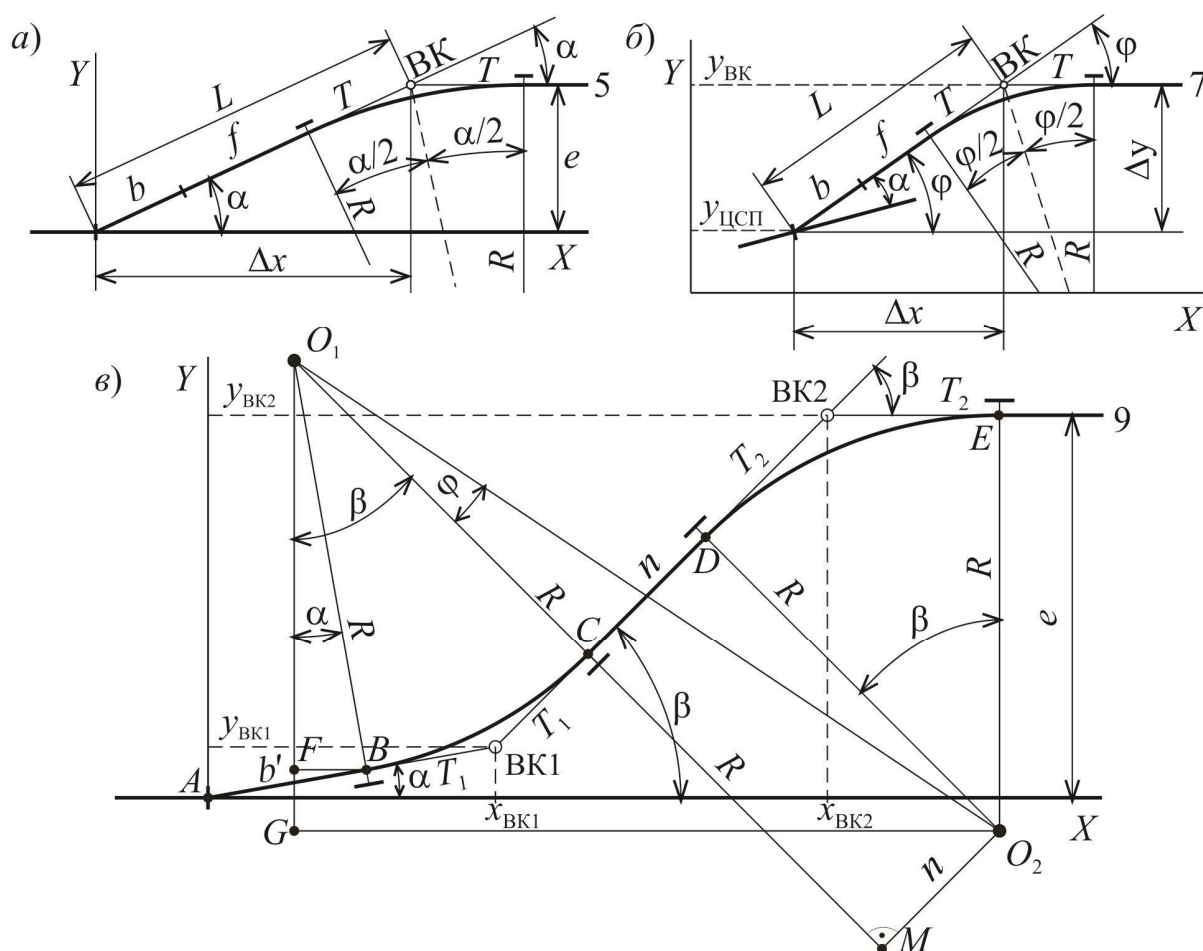


Рис. 3.1. Кінцеві сполучення колій:

a – під кутом α ; $б$ – під довільним кутом; $в$ – скорочене

При проектуванні кінцевого сполучення вихідними даними є параметри стрілочного перевodu (a, b, k_1, α), радіус R сполучних (захрестовинних) кривих та величина міжколійної відстані e або різниця ординат Δy між ЦСП і віссю відповідної колії (для з'єднання під довільним кутом φ).

Радіус сполучних кривих повинен бути не меншим за радіус певної кривої стрілочного перевodu. Звичайно захрестовинні криві проектуєть радіусом: 200...300 м за переводами марки 1/6 та 1/9 і 300...400 м за переводами марки 1/11.

Параметри кінцевого сполучення будь-якого типу визначають шляхом складання та розв'язання рівняння проєкцій елементів з'єднання на вертикальну вісь Y . Для з'єднання під кутом хрестовини α (див. рис. 3.1, a) рівняння проєкцій має вигляд

$$(b + f + T) \sin \alpha = \Delta y, \quad (3.1)$$

розв'язанням якого визначається довжина прямої ділянки за хрестовиною стрілочного перевodu

$$f = \frac{e}{\sin \alpha} - (b + T). \quad (3.2)$$

Кут повороту кривої ВК дорівнює α , а величина тангенса кривої обчислюється згідно з (2.6):

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Інші параметри сполучення визначаються таким чином:

– довжина від ЦСП до ВК

$$L = b + f + T = \frac{e}{\sin \alpha}; \quad (3.3)$$

– проєкція довжини L на горизонтальну вісь

$$\Delta x = L \cos \alpha = \frac{e}{\sin \alpha} \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3.4)$$

Для розрахунку параметрів кінцевого сполучення під довільним кутом φ потрібно знати ординати центру стрілочного перевodu ($y_{\text{ЦСП}}$ на рис. 3.1, б) та вершини кута повороту на осі відповідної колії ($y_{\text{ВК}}$), за якими визначається різниця ординат цих точок

$$\Delta y = y_{\text{ВК}} - y_{\text{ЦСП}}. \quad (3.5)$$

Рівняння проекцій для такого сполучення має вигляд:

$$(b + f + T) \sin \varphi = \Delta y, \quad (3.6)$$

з якого визначається довжина прямої ділянки за хрестовиною стрілочного перевodu

$$f = \frac{\Delta y}{\sin \varphi} - (b + T), \quad (3.7)$$

та інші параметри сполучення:

$$L = b + f + T = \frac{\Delta y}{\sin \varphi}; \quad (3.8)$$

$$\Delta x = L \cos \varphi = \frac{\Delta y}{\sin \varphi} \cos \varphi = \frac{\Delta y}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (3.9)$$

Довжина прямої ділянки f має бути не меншою за нормативну довжину (табл. 2.6) відповідно до умов застосування, тобто $f \geq \max(k, k_1)$, в іншому випадку здійснюється коригування вихідних даних.

Кінцеве сполучення під кутом α при міжколійній відстані понад 6...7 м має значну довжину, і для її зменшення застосовують *скорочене* сполучення (рис. 3.1, в). За стрілочним переводом скороченого сполучення укладається додаткова крива (ВК1), яка збільшує кут нахилу з'єднання, завдяки чому його загальна довжина зменшується. Між суміжними зворотними кривими передбачається пряма ділянка довжиною $n = 15,0$ м за наявності руху організованих поїздів, в інших випадках така ділянка може бути відсутньою.

При проектуванні скороченого сполучення згідно з чинними нормативами приймають вихідні дані: параметри стрілочного перевodu (a, b, k_1, α) та величини R, e, n, k і здійснюють розрахунки максимального кута нахилу β прямої ділянки n до осі X та інших параметрів з'єднання, виконання яких розглянемо на прикладі наведеної на рис. 3.1, в схеми.

Криву ВК1 починають на мінімальній відстані $f = \max(k, k_1)$ за хрестовиною стрілочного перевodu, що відповідає довжині прямої ділянки від центру перевodu

$$b' = b + f. \quad (3.10)$$

Проекція скороченого сполучення на вісь Y може бути отримана двома шляхами: з контуру ABO_1O_2E або з контуру $ABCDE$.

Для розрахунку проекції за контуром ABO_1O_2E спершу визначаються:

– з прямокутного трикутника O_1O_2M величина допоміжного кута φ :

$$\varphi = \arctg \frac{n}{2R}, \quad (3.11)$$

– довжина гіпотенузи O_1O_2 :

$$O_1O_2 = \sqrt{n^2 + (2R)^2}. \quad (3.12)$$

Проекція контуру ABO_1O_2E складається з таких елементів:

- проекція відрізка AB $\Delta y_{AB} = b' \sin \alpha$;
- проекція відрізка BO_1 з трикутника BO_1F $\Delta y_{BO_1} = R \cos \alpha$;
- проекція відрізка O_1O_2 з трикутника GO_1O_2 $\Delta y_{O_1O_2} = O_1O_2 \cos(\beta + \varphi)$;
- проекція відрізка O_2E $\Delta y_{O_2E} = R$.

Алгебраїчна сума наведених проекцій дорівнює міжколійній відстані e , тобто

$$b' \sin \alpha + R \cos \alpha - O_1O_2 \cos(\beta + \varphi) + R = e, \quad (3.13)$$

звідки

$$\cos(\beta + \varphi) = \frac{b' \sin \alpha + R \cos \alpha + R - e}{O_1 O_2} = C. \quad (3.14)$$

З (3.14) визначається:

$$\beta = \arccos C - \varphi. \quad (3.15)$$

За визначенням куту β здійснюються розрахунки параметрів скороченого сполучення:

– характеристики кривої ВК1

$$T_1 = R \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}; \quad x_{\text{BK1}} = (b' + T_1) \cos \alpha; \quad y_{\text{BK1}} = (b' + T_1) \sin \alpha; \quad (3.16)$$

– характеристики кривої ВК2

$$\left. \begin{aligned} T_2 &= R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}; \\ x_{\text{BK2}} &= x_{\text{BK1}} + (T_1 + n + T_2) \cos \beta; \\ y_{\text{BK2}} &= y_{\text{BK1}} + (T_1 + n + T_2) \sin \beta. \end{aligned} \right\} \quad (3.17)$$

Отримані результати перевіряють за умовою $y_2 = e$, дотримання якої свідчить про правильність розрахунків.

3.2. З'їзди між суміжними коліями

З'їзди з'єднують між собою дві суміжні паралельні або непаралельні колії за допомогою двох стрілочних переводів. При проектуванні колійного розвитку роздільних пунктів можуть використовуватися з'їзди між паралельними коліями: прості зі стрілочними переводами однакових (рис. 3.2, а) або різних марок хрестовини (рис. 3.2, в), перехресні (рис. 3.2, б), скорочені (рис. 3.2, д), а також з'їзди між непаралельними коліями (рис. 3.2, з).

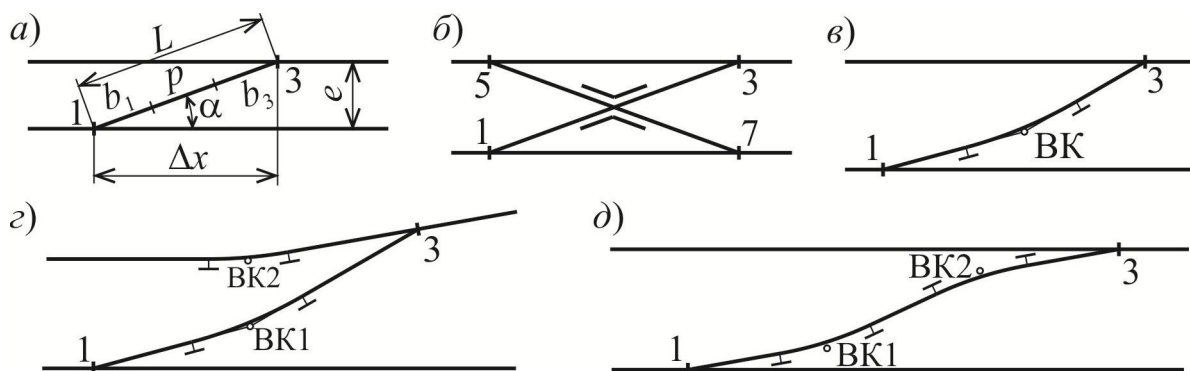


Рис. 3.2. З'їзди між суміжними коліями:

a – простий; *б* – перехресний; *в* – з різними переходами;
г – між непаралельними коліями; *д* – скорочений

У *простому з'їзді* (див. рис. 3.2, *a*) зі стрілочними переходами однакових марок і параметрами (b_1 , b_3 , α) та міжколійною відстанню e основні характеристики визначаються таким чином:

– довжина з'їзду

$$L = \frac{e}{\sin \alpha}; \quad (3.18)$$

– довжина рейкової вставки

$$p = L - (b_1 + b_3) = \frac{e}{\sin \alpha} - (b_1 + b_3); \quad (3.19)$$

– довжина проекції з'їзду на горизонтальну вісь

$$\Delta x = L \cos \alpha = \frac{e}{\sin \alpha} \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3.20)$$

Довжина вставки p повинна бути не меншою за нормативну для схеми № 3 (див. табл. 2.1) взаємного розташування переходів.

У з'їзді зі стрілочними переходами *різних марок хрестовин*, розрахункова схема якого наведена на рис. 3.3, за вихідними даними b_1 , $k_{1(1)}$, b_3 , $k_{1(3)}$, α_1 , α_3 , міжколійною відстанню e та радіусом кривої R , основні характеристики визначаються таким чином.

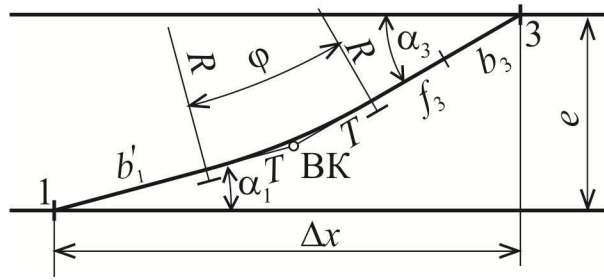


Рис. 3.3. Розрахункова схема з'їзду зі стрілочними переходами різних марок хрестовин

З метою мінімізації довжини з'їзду доцільно приймати нормативну довжину прямої ділянки f за хрестовиною стрілочного переходу з меншим кутом α . На рис. 3.3 таким є перевід № 1, і для нього приймається $f = \max(k, k_1)$ та визначається за (3.10) величина b'_1 .

Визначаються характеристики кривої ділянки:

$$\varphi = \alpha_3 - \alpha_1; T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (3.21)$$

Складається рівняння проєкцій елементів з'їзду на вертикальну вісь:

$$(b'_1 + T) \sin \alpha_1 + (T + f_3 + b_3) \sin \alpha_3 = e,$$

розв'язанням якого визначається довжина ділянки f_3

$$f_3 = \frac{e - (b'_1 + T) \sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} - (T + b_3), \quad (3.22)$$

яка повинна відповідати умові $f_3 \geq \max(k, k_1)$.

Якщо f_3 відповідає умові, то розраховується проєкція з'їзду на горизонтальну вісь:

$$\Delta x = (b'_1 + T) \cos \alpha_1 + (T + f_3 + b_3) \cos \alpha_3, \quad (3.23)$$

інакше коригуються вихідні дані з'їзду.

Перехресний з'їзд, розрахункова схема якого наведена на рис. 3.4, замінює два послідовно укладених простих з'їзди при меншій загальній довжині з'єднання колій, але потребує додаткового елемента верхньої будови – глухого пересічення (див. п. 1.3). Перехресні з'їзди укладаються за типовими епюрами зі стрілочних переходів марок 1/11, 1/9, 1/6 і глухих пересічень марок відповідно 2/11, 2/9, 2/6.

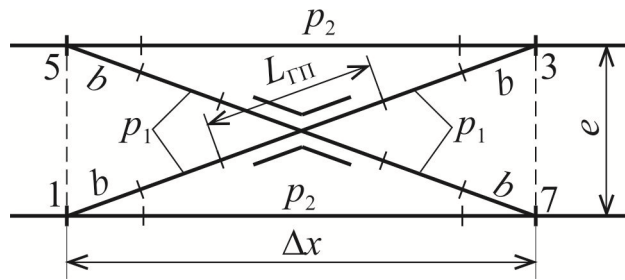


Рис. 3.4. Розрахункова схема перехресного з'їзду

При проектуванні перехресних з'їздів визначаються:

– довжина вставок між хрестовинами стрілочних переводів і глухого пересічення

$$p_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{e}{\sin \alpha} - 2b - L_{\text{ГП}} \right); \quad (3.24)$$

– проекція з'їзду на горизонтальну вісь

$$\Delta x = \frac{e}{\tan \alpha}; \quad (3.25)$$

– довжина вставок між хрестовинами суміжних стрілочних переводів

$$p_2 = \Delta x - 2b. \quad (3.26)$$

Довжина вставки p_2 повинна відповідати наведеним у табл. 2.1 нормативам, а довжина ділянки p_1 може бути довільною, навіть від'ємною ($p_1 < 0$) за рахунок «забігання» гострих хрестовин, що передбачається типовими епюрами.

Скорочений з'їзд, розрахункова схема якого наведена на рис. 3.5, укладають при міжколіній відстані понад 7 м з метою зменшення довжини з'єднання. При проектуванні скороченого з'їзду згідно з чинними нормативами приймають вихідні дані: параметри стрілочних переводів (a, b, k_1, α) та величини R, e, n, k . Розрахунку підлягають максимальна величина кута нахилу β прямої ділянки n до осі X та інші характеристики з'їзду, визначення яких розглянемо на прикладі наведеної на рис. 3.5 схеми.

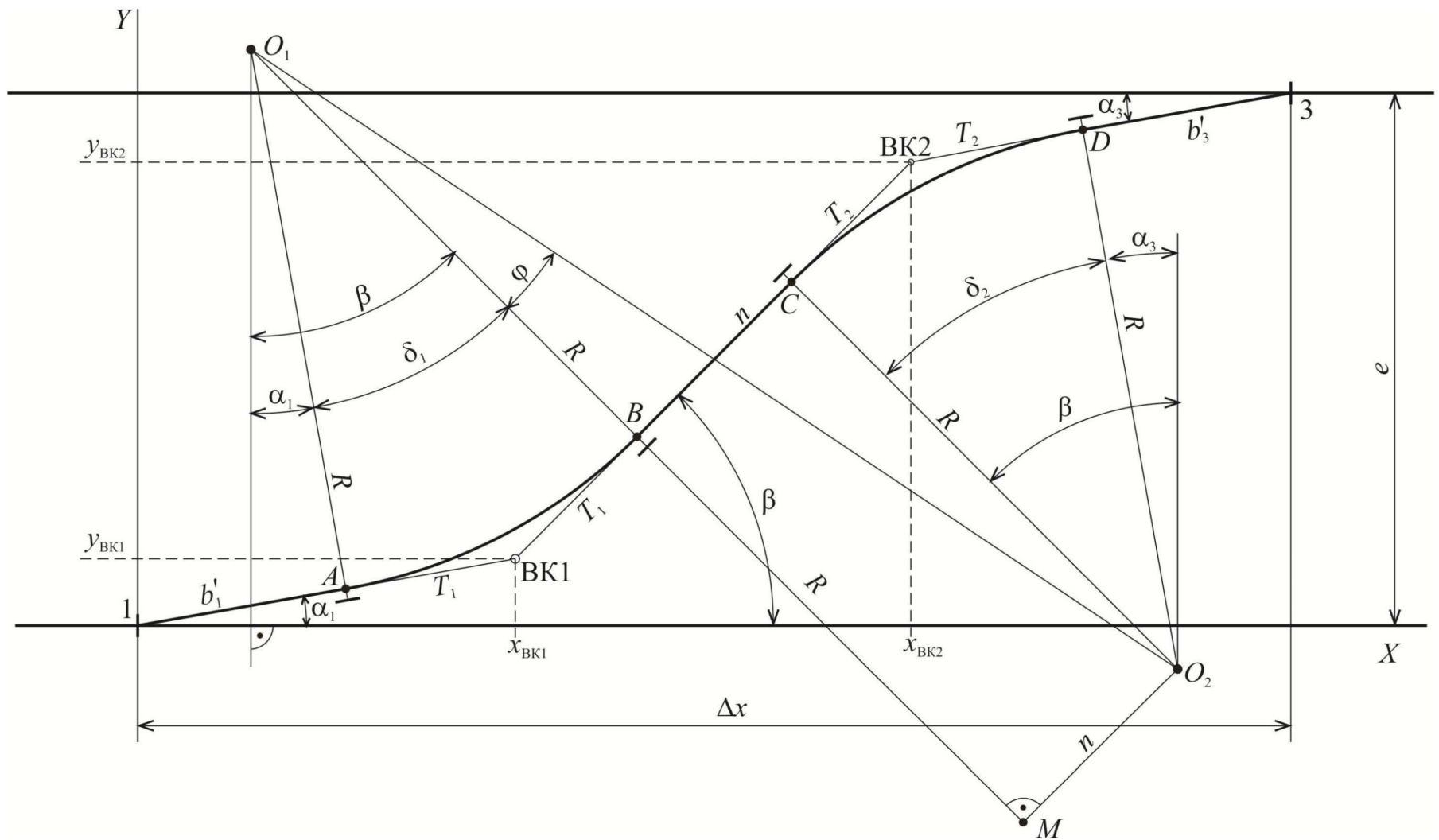


Рис. 3.5. Розрахункова схема скороченого з'їзду

Згідно з прийнятими вихідними даними визначаються мінімальна довжина прямих ділянок між хрестовинами стрілочних переводів і початком кривих $f_1, f_3 = \max(k, k_1)$ та відповідні величини b'_1 і b'_3 .

Рівняння проекцій елементів з'їзду на вертикальну вісь можна отримати за контуром $1AO_1O_2D3$, аналогічно скороченому кінцевому сполученню. Для наведеної схеми складемо рівняння проекцій елементів з'їзду за контуром $1ABCD3$. Проекція цього контуру складається з таких елементів:

- проекція відрізка $1A$ $\Delta y_{1A} = b'_1 \sin \alpha_1$;
- проекція дуги AB кривої ВК1 за формулою (2.11) становить $\Delta y_{AB} = R(\cos \alpha - \cos \beta)$;
- проекція вставки n $\Delta y_n = n \sin \beta$;
- проекція дуги CD кривої ВК2 $\Delta y_{CD} = R(\cos \alpha - \cos \beta)$;
- проекція відрізка $D3$ $\Delta y_{D3} = b'_3 \sin \alpha_3$.

Сума наведених проекцій дорівнює міжколінійній відстані e , тобто

$$b'_1 \sin \alpha_1 + R(\cos \alpha - \cos \beta) + n \sin \beta + R(\cos \alpha - \cos \beta) + b'_3 \sin \alpha_3 = e. \quad (3.27)$$

Для визначення кута β здійснюється перетворення (3.22):

$$2R \cos \beta - n \sin \beta = b'_1 \sin \alpha_1 + 2R \cos \alpha + b'_3 \sin \alpha_3 - e. \quad (3.28)$$

Права частина (3.28) містить усі відомі величини, на підставі чого вводимо позначення

$$C = b'_1 \sin \alpha_1 + 2R \cos \alpha + b'_3 \sin \alpha_3 - e, \quad (3.29)$$

тоді рівняння (3.28) набуває вигляду:

$$2R \cos \beta - n \sin \beta = C.$$

Поділивши обидві частини останнього рівняння на $2R$ отримуємо:

$$\cos \beta - \frac{n}{2R} \sin \beta = \frac{C}{2R}. \quad (3.30)$$

Із трикутника O_1O_2M на рис. 3.5 випливає:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{2R} = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}, \quad (3.31)$$

з урахуванням чого рівняння (3.30) набуває вигляду

$$\cos \beta - \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \sin \beta = \frac{C}{2R}.$$

Помноживши обидві частини останнього рівняння на $\cos \varphi$, отримуємо:

$$\cos \varphi \cdot \cos \beta - \sin \varphi \cdot \sin \beta = \frac{C}{2R} \cos \varphi,$$

або

$$\cos(\beta + \varphi) = \frac{C}{2R} \cos \varphi,$$

звідки

$$\beta = \arccos\left(\frac{C}{2R} \cos \varphi\right) - \varphi. \quad (3.32)$$

При цьому згідно з (3.31) величина кута φ визначається як

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{n}{2R}. \quad (3.33)$$

З використанням кута β здійснюються розрахунки характеристик скороченого з'їзду:

$$\delta_1 = \beta - \alpha_1; \quad T_1 = R \operatorname{tg} \frac{\delta_1}{2};$$

$$\delta_2 = \beta - \alpha_3; \quad T_2 = R \operatorname{tg} \frac{\delta_2}{2};$$

$$x_{\text{BK1}} = (b'_1 + T_1) \cos \alpha_1; \quad y_{\text{BK1}} = (b'_1 + T_1) \sin \alpha_1;$$

$$x_{\text{BK2}} = x_{\text{BK1}} + (T_1 + n + T_2) \cos \beta; \quad y_{\text{BK2}} = (T_1 + n + T_2) \sin \beta;$$

$$\Delta x = x_{\text{BK2}} + (T_2 + b'_3) \cos \alpha_3; \quad \Delta y = y_{\text{BK2}} + (T_2 + b'_3) \sin \alpha_3.$$

Отримані результати перевіряють за умовою $\Delta y = e$, дотримання якої свідчить про правильність розрахунків.

З'їзди між непаралельними коліями можуть мати різну конструкцію, одна з яких наведена на рис. 3.2, з. Розрахункова схема такого з'їзду подана на рис. 3.6.

Колії № 5 і № 6 в зоні їх паралельності мають міжколійну відстань e , а в зоні непаралельності між ними існує кут φ , що утворюється за рахунок кругової кривої ВК2 на колії № 6. За відомих параметрів стрілочних переводів $b_1, \alpha_1, k_{1(1)}, b_3, \alpha_3, k_{1(3)}$ і радіусів кривих R_1, R_2 характеристики з'їзду можуть бути розраховані таким чином.

За схемою з'їзду та вихідними даними визначаються параметри кривих:

– крива ВК1 $\delta = \varphi + \alpha_3 - \alpha_1$; $T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}$;

– крива ВК2 $T_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$.

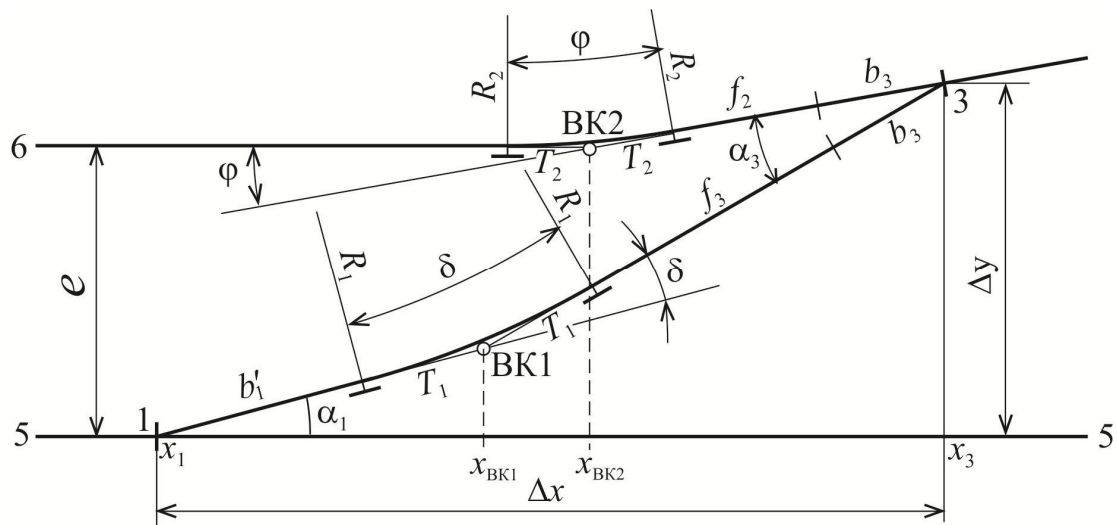


Рис. 3.6. Розрахункова схема з'їзду між непаралельними коліями

Елементами з'їзду є прямі ділянки f_1 і f_3 між кривою ВК1 та хрестовинами переводів № 1 і № 3. З метою мінімізації довжини з'їзду доцільно приймати нормативну (мінімальну) довжину ділянки, яка має менший кут нахилу до горизонтальної осі X . Як видно зі схеми, такою є ділянка f_1 , довжина якої встановлюється як $f_1 = \max(k, k_{1(1)})$ і за нею визначається величина b'_1 .

Невідомими характеристиками з'їзду залишаються довжини пря-

мих ділянок f_1 і f_3 , для визначення яких складаються рівняння проєкцій елементів з'їзду на вертикальну вісь:

– від ЦСП № 1 через ВК1

$$(b'_1 + T_1) \sin \alpha_1 + (T_1 + f_3 + b_3) \sin(\alpha_1 + \delta) = Y_3; \quad (3.34)$$

– від ЦСП № 1 через ВК2

$$e + (T_2 + f_2 + b_3) \sin \varphi = Y_3. \quad (3.35)$$

Прирівнюючи ліві частини (3.34) і (3.35), отримаємо:

$$(b'_1 + T_1) \sin \alpha_1 + (T_1 + f_3 + b_3) \sin(\alpha_1 + \delta) = e + (T_2 + f_2 + b_3) \sin \varphi. \quad (3.36)$$

Останнє рівняння має дві невідомі величини f_2 і f_3 , і розв'язати задачу можливо таким чином: прийняти нормативну (мінімальну) довжину однієї з ділянок $f = \max(k, k_1)$ і з (3.36) визначити довжину іншої. Якщо розрахована довжина відповідає умові $f \geq \max(k, k_1)$, вона є шуканим результатом. В іншому випадку слід прийняти нормативну довжину другої ділянки і з (3.36) визначити довжину першої, яка в цьому разі буде відповідати нормам.

На завершення визначаються інші параметри з'їзду:

$$x_{BK1} = x_1 + (b'_1 + T_1) \cos \alpha_1; \quad y_{BK1} = (b'_1 + T_1) \sin \alpha_1;$$

$$x_3 = x_{BK1} + (T_1 + f_3 + b_3) \cos(\alpha_1 + \delta); \quad y_3 = y_{BK1} + (T_1 + f_3 + b_3) \sin(\alpha_1 + \delta);$$

$$x_{BK2} = x_3 - (T_2 + f_2 + b_3) \cos \varphi; \quad y_{BK2} = y_3 - (T_2 + f_2 + b_3) \sin \varphi.$$

Результати розрахунків повинні відповідати умові $y_3 = e$, що свідчить про правильність розрахунків.

На практиці трапляються конструкції з'єднань колій, для яких аналітичний опис є дуже складним, тому для розрахунку їх параметрів доцільно використовувати пакети спеціальних програм для ЕОМ, розроблених проектними організаціями та навчальними закладами. На рис. 3.7 наведено екранну форму вихідних даних, результатів розрахунку та графічне зображення скороченого кінцевого сполучення колій, отримані з допомогою ЕОМ.

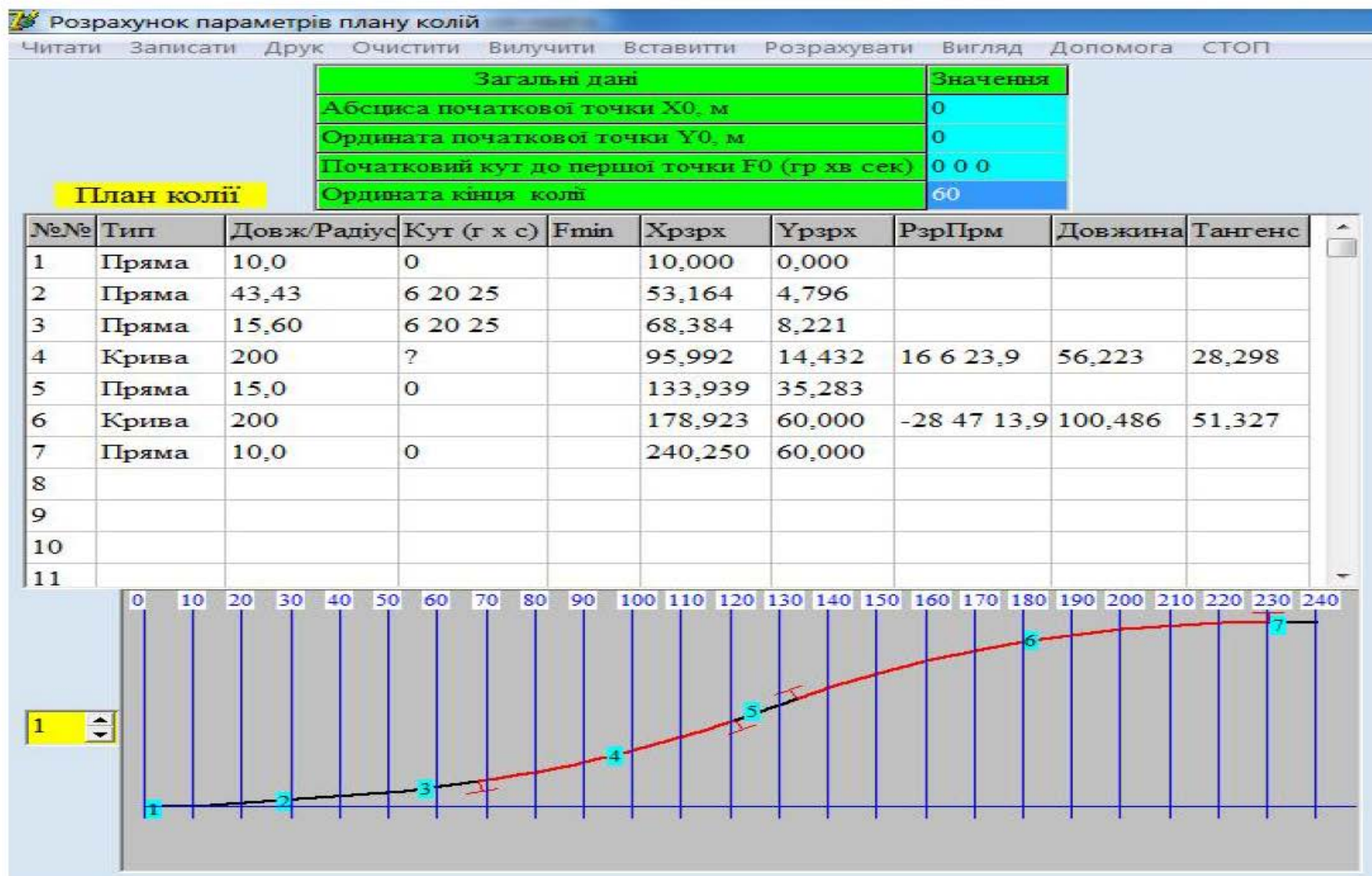


Рис. 3.7. Зразок результатів розрахунку кінцевого сполучення на ЕОМ

Приклади розв'язання задач

Задача 3.1. Розрахувати параметри звичайного кінцевого сполучення за схемою на рис. 3.1, *a* та вихідними даними: стрілочний перевід звичайний марки 1/9 з рейок типу Р50, радіус кругової кривої $R = 350$ м, міжколійна відстань $e = 5,30$ м, бруси стрілочного переходу і шпали колій – залізобетонні.

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаються параметри стрілочного переходу (проект 2498): $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$, $k_1 = 8,470$ м.

За формулою (2.6) визначається величина тангенса кривої

$$T = 350 \operatorname{tg} \frac{6^\circ 20' 25''}{2} = 350 \cdot 0,055386 = 19,385 \text{ м.}$$

За формулою (3.2) визначається довжина прямої ділянки за хрестовиною стрілочного переходу до початку кривої

$$f = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} - (15,602 + 19,385) = 13,006 \text{ м.}$$

Для колій на залізобетонних шпалах поширення колії при $R \geq 300$ м не передбачається, а пряма ділянка за хрестовиною повинна бути не менше $f \geq k_1 = 8,47$ м. Отримана вставка $f = 13,006$ м відповідає цій умові, тому визначаються інші параметри з'єднання:

$$L = b + f + T = 15,602 + 13,006 + 19,385 = 47,993 \text{ м;}$$

$$\Delta x = L \cos \alpha = 47,993 \cdot 0,993884 = 47,669.$$

Задача 3.2. Перевірити можливість вписування нормального кінцевого сполучення вантажної колії № 5 за наведеною на рис. 3.8 схемою та заданих параметрах з'єднання:

- стрілочний перевід № 27 – симетричний марки 1/6 з рейок типу Р50;
- радіус кругової кривої $R = 200$ м;
- міжколійна відстань $e = 5,30$ м;
- бруси стрілочного переходу і шпали колій – дерев'яні.

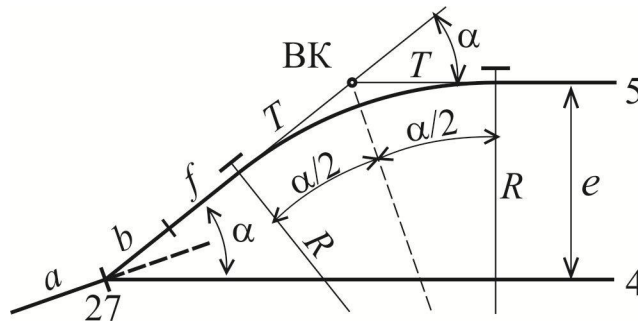


Рис. 3.8. Схема до задачі 3.2

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаються параметри стрілочного перевodu № 27 (проект 2212): $a = 9,945$ м, $b = 10,563$ м, $\alpha = 9^\circ 27' 45''$, $k_1 = 5,520$ м.

За формулою (2.6) визначається величина тангенса кривої

$$T = 200 \operatorname{tg} \frac{9^\circ 27' 45''}{2} = 200 \cdot 0,082764 = 16,553 \text{ м.}$$

За формулою (3.2) визначається величина прямої ділянки між хрестовиною СП № 27 та початком кривої

$$f = \frac{5,30}{\sin 9^\circ 27' 45''} - (10,563 + 16,553) = 5,123 \text{ м.}$$

У кривій радіусом $R = 200$ м нормативна ширина колії становить 1540 мм і для її створення за хрестовиною стрілочного перевodu на дерев'яних брусах повинна бути пряма ділянка довжиною не менше $k = 7,0$ м (табл. 2.3, інші колії). Довжина ділянки з перевідними брусами за хрестовиною стрілочного перевodu становить $k_1 = 5,52$ м.

Отже, за хрестовиною стрілочного перевodu повинна бути пряма ділянка довжиною не менше за $f_{\min} = \max(k; k_1) = \max(7,0; 5,52) = 7,0$ м.

Розрахована довжина прямої ділянки $f = 5,123$ м менше за мінімальну необхідну, отже вписування кінцевого сполучення колії № 5 за вказаними вихідними даними неможливе. Забезпечення умов вписування можливе шляхом: зменшення радіуса кривої, збільшення міжколійної відстані, застосування стрілочного перевodu з меншим кутом хрестовини.

Задача 3.3. Розрахувати параметри скороченого кінцевого сполучення приймально-відправних колій за схемою на рис. 3.1, в та вихідними даними: стрілочний перевід звичайний марки 1/11 з рейок типу Р50, радіус кругової кривої $R = 300$ м, міжколійна відстань $e = 9,50$ м, бруси стрілочного переводу і шпали колій – дерев'яні.

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаються параметри стрілочного переводу (проект 2497): $a = 14,471$ м, $b = 19,054$ м, $\alpha = 5^\circ 11' 40''$, $k_1 = 10,350$ м. Пряма ділянка між зворотними кривими проектується довжиною $n = 15,0$ м.

У кривій ділянці при $R = 300$ м передбачається поширення колії до 1535 мм, для чого згідно з табл. 2.3 на приймально-відправних коліях за хрестовиною стрілочного переводу необхідна пряма ділянка довжиною не менше $k = 8,0$ м. Отже, довжина прямої ділянки становить

$$f = \max(k, k_1) = \max(8,0; 10,350) = 10,350 \text{ м.}$$

За формулами (3.12) та (3.15) визначається максимальна величина кута β :

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{n}{2R} = \operatorname{arctg} \frac{15,0}{2 \cdot 300,0} = 1^\circ 25' 56'';$$

$$O_1O_2 = \sqrt{n^2 + (2R)^2} = \sqrt{15,0^2 + (2 \cdot 300,0)^2} = 600,187 \text{ м;}$$

$$C = \frac{(19,054 + 10,350) \sin 5^\circ 11' 40'' + 300,0 \cdot \cos 5^\circ 11' 40'' + 300,0 - 9,50}{600,187} = 0,986243;$$

$$\beta = \arccos C - \varphi = \arccos 0,986243 - 1^\circ 25' 56'' = 8^\circ 4' 57''.$$

За формулами (3.16), (3.17) визначаються характеристики кривих:
– тангенс

$$T_1 = 300,0 \operatorname{tg} \frac{8^\circ 4' 57'' - 5^\circ 11' 40''}{2} = 7,563 \text{ м;}$$

$$T_2 = 300,0 \operatorname{tg} \frac{8^\circ 4' 57''}{2} = 21,195 \text{ м;}$$

– координати вершин кутів повороту

$$x_{BK1} = (19,054 + 10,350 + 7,563) \cos 5^\circ 11' 40'' = 36,815 \text{ м};$$

$$y_{BK1} = (19,054 + 10,350 + 7,563) \sin 5^\circ 11' 40'' = 3,347 \text{ м.}$$

$$x_{BK2} = 36,815 + (7,563 + 15,0 + 21,195) \cos 8^\circ 4' 57'' = 80,138 \text{ м};$$

$$y_{BK2} = 3,347 + (7,563 + 15,0 + 21,195) \sin 8^\circ 4' 57'' = 9,500 \text{ м};$$

– довжина

$$K_1 = \frac{\pi \cdot 300,0 \cdot (8^\circ 4' 57'' - 5^\circ 11' 40'')}{180} = 15,122 \text{ м};$$

$$K_2 = \frac{\pi \cdot 300,0 \cdot 8^\circ 4' 57''}{180} = 42,320 \text{ м.}$$

За отриманими даними можна визначити повну довжину рейкошпальної решітки від хрестовини стрілочного перевodu до кінця кривої BK2:

$$L_{ршр} = f + K_1 + n + K_2 = 10,350 + 15,122 + 15,0 + 42,320 = 82,792 \text{ м.}$$

У випадку застосування за даних умов звичайного кінцевого сполучення отримаємо такі параметри:

$$T = 300 \operatorname{tg} \frac{5^\circ 11' 40''}{2} = 300 \cdot 0,045361 = 13,608 \text{ м};$$

$$f = \frac{9,50}{\sin 5^\circ 11' 40''} - (19,054 + 13,608) = 72,269 \text{ м};$$

$$K = \frac{\pi \cdot 300,0 \cdot 5^\circ 11' 40''}{180} = 27,198 \text{ м};$$

$$L_{ршр} = f + K = 72,269 + 27,198 = 99,467 \text{ м.}$$

Таким чином, скорочене сполучення зменшує довжину з'єднання на

$$\Delta L_{\text{ршр}} = 99,467 - 82,792 = 16,675 \text{ м.}$$

Задача 3.4. Розрахувати параметри простого з'їзду між паралельними коліями за наведеною на рис. 3.2, а схемою і вихідними даними: марка переводів 1/9, тип рейок Р50, міжколійна відстань $e = 5,30$ м.

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаємо: $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ і за формулами (3.18)–(3.20) розраховуємо:

$$L = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м; } p = 47,993 - 2 \cdot 15,602 = 16,789 \text{ м;}$$

$$\Delta x = \frac{5,30}{\tg 6^\circ 20' 25''} = 47,699 \text{ м.}$$

Довжина вставки p перевищує нормативну $d = 12,5$ м для схеми № 3 (табл. 2.1).

Задача 3.5. Розрахувати параметри з'їзду між паралельними коліями зі стрілочними переводами різних марок хрестовин за наведеною на рис. 3.3 схемою і вихідними даними: марка переводів $M_1 = 1/11$, $M_3 = 1/9$, радіус кривої $R = 300$ м, міжколійна відстань $e = 5,30$ м, залізобетонні шпали колій і бруси переводів.

Розв'язання. За табл. 1.1 визначаємо: $b_1 = 19,054$ м, $k_1 = 10,35$ м, $\alpha_1 = 5^\circ 11' 40''$, $b_3 = 15,602$ м, $k_3 = 8,47$ м, $\alpha_3 = 6^\circ 20' 25''$. Для колій на залізобетонних шпалах $k = 0$.

Оскільки $\alpha_1 < \alpha_3$, ділянка f_1 має менший кут нахилу до осі колій, тому доцільно прийняти $f_1 = k_1 = 10,35$ м і за формулами (3.21), (3.22) визначити

$$\varphi = 6^\circ 20' 25'' - 5^\circ 11' 40'' = 1^\circ 8' 45''; T = 300 \tg \frac{1^\circ 8' 45''}{2} = 3,0 \text{ м;}$$

$$f_3 = \frac{5,30 - (19,054 + 10,350 + 3,0) \sin 5^\circ 11' 40''}{\sin 6^\circ 20' 25''} - (3,0 + 15,602) = 2,825 \text{ м.}$$

Отримана довжина прямої ділянки ($f_3 = 2,825$) < ($k_3 = 8,47$) менше за нормативну. Отже, така конструкція з'їзду за прийнятими вихідними даними не відповідає встановленим вимогам. Для з'єднання колій потрібно або укласти простий з'їзд, або збільшувати міжколійну відстань.

Мінімальна міжколійна відстань може бути визначена за формулою

$$e_{\min} = (b_1 + f_1 + T) \sin \alpha_1 + (T + f_3 + b_3) \sin \alpha_3$$

і при $f_1 = k_{1(1)} = 10,350$ м та $f_3 = k_{1(3)} = 10,350$ м становить

$$e_{\min} = (19,054 + 10,350 + 3,0) \sin 5^\circ 11' 40'' + (3,0 + 8,47 + 15,602) \sin 6^\circ 20' 25'' = 5,92 \text{ м.}$$

При цьому проекція з'їзду між центрами переводів на горизонтальну вісь дорівнює

$$\Delta x = (19,054 + 10,350 + 3,0) \cos 5^\circ 11' 40'' + (3,0 + 8,47 + 15,602) \cos 6^\circ 20' 25'' = 59,177 \text{ м.}$$

Для простого з'їзду марки 1/11 при $e = 5,30$ м його проекція становила б

$$\Delta x = \frac{5,30}{\operatorname{tg} 5^\circ 11' 40''} = 58,30 \text{ м.}$$

Отже, укладання з'їзду зі стрілочних переводів марки 1/11-1/9 за вказаних умов не є доцільним.

Задача 3.6. Розрахувати параметри перехресного з'їзду між паралельними коліями за наведеною на рис. 3.4 схемою і вихідними даними: марка переводів $M = 1/9$, тип рейок Р50, міжколійна відстань $e = 5,0$ м.

Розв'язання. Параметри стрілочних переводів: $b = 15,602$ м; $\alpha = 6^\circ 20' 25''$; та глухого пересічення: $M = 2/9$; $L_{\text{ТП}} = 15,750$ м; $\alpha = 12^\circ 40' 50''$.

За формулами (3.24)–(3.26) визначаються:

$$p_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{5,0}{\sin 6^\circ 20' 25''} - 2 \cdot 15,602 - 15,750 \right) = -0,839;$$

$$\Delta x = \frac{5,0}{\operatorname{tg} 6^\circ 20' 25''} = 44,999 \text{ м};$$

$$p_2 = 44,999 - 2 \cdot 15,602 = 13,795 \text{ м}.$$

Довжина вставки p_2 перевищує нормативну $d = 12,5$ м для схеми № 3 (табл. 2.1), а від'ємне значення $p_1 = -0,839$ м свідчить про «забігання» гострих хрестовин стрілочних переводів і глухого пересічення (див. рис. 3.9), що допустимо для епюри перехресного з'їзду. Особливість конструкції полягає в наявності поєднаних контррейки та вузовика (див. 10 на рис. 3.9).

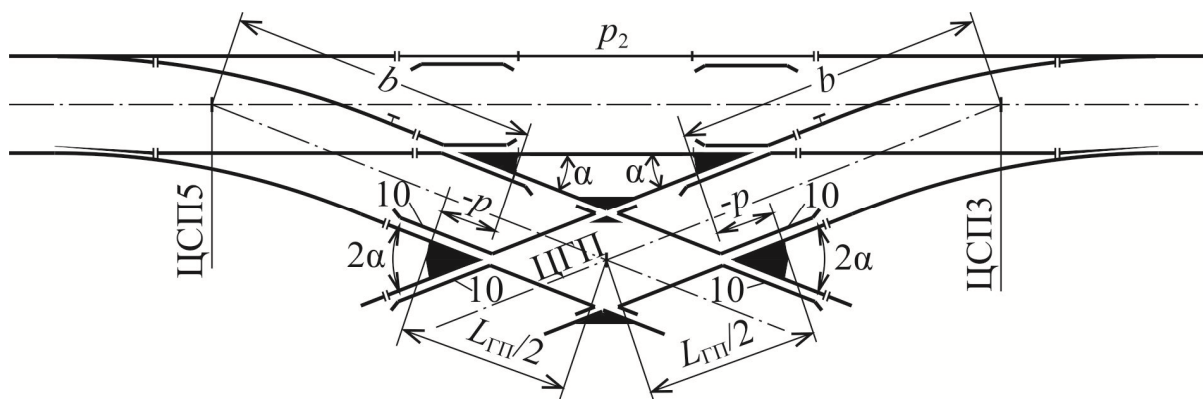


Рис. 3.9. Схема «забігання» хрестовин у перехресному з'їзді

Задача 3.7. Розрахувати параметри з'їзду між непаралельними коліями сортувального парку за наведеною на рис. 3.6 схемою і такими вихідними даними: марка переводів $M = 1/9$, тип рейок Р50, радіус кривих $R = 200$ м, міжколійна відстань $e = 5,30$ м, кут повороту кривої ВК2 $\varphi = 2^\circ$, дерев'яні шпали колій і бруси переводів.

Розв'язання. Параметри стрілочних переводів: $b = 15,602$ м, $k_1 = 8,47$ м, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$, довжина прямої ділянки для поширення колії $k = 7,0$ м.

Визначаємо параметри кривих ділянок:

– крива ВК1 $\delta = \varphi + \alpha_3 - \alpha_1 = 2^\circ + 6^\circ 20' 25'' - 6^\circ 20' 25'' = 2^\circ$;

$$T_1 = 200 \operatorname{tg} \frac{2^\circ}{2} = 3,491 \text{ м};$$

– крива ВК2 $T_2 = 200 \operatorname{tg} \frac{2^\circ}{2} = 3,491 \text{ м}.$

Приймаємо нормативну довжину прямої ділянки $f_2 = \max(k, k_1) = 8,47 \text{ м}$ і за (3.35) визначаємо

$$\Delta y = 5,30 + (3,491 + 8,47 + 15,602) \sin 2^\circ = 6,262 \text{ м}.$$

У з'їзді 1-3 пряма ділянка f_1 має менший кут нахилу, ніж ділянка f_3 , тому приймаємо для неї нормативну величину $f_1 = \max(k, k_1) = 8,47 \text{ м}$ і з (3.36) визначаємо

$$\begin{aligned} f_3 &= \frac{\Delta y - (b_1 + f_1 + T_1) \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \delta)} - (T_1 + b_3) = \\ &= \frac{6,262 - (15,602 + 8,47 + 3,491) \sin 6^\circ 20' 25''}{\sin(6^\circ 20' 25'' + 2^\circ)} - (3,491 + 15,602) = 3,093 \text{ м}. \end{aligned}$$

Отримана довжина f_3 менше за нормативну, тому приймаємо $f_3 = 8,47 \text{ м}$ і за (3.34) визначаємо

$$\begin{aligned} \Delta y &= (15,602 + 8,47 + 3,491) \sin 6^\circ 20' 25'' + \\ &+ (3,491 + 8,47 + 15,602) \sin(\sin 6^\circ 20' 25'' + 2^\circ) = 7,042 \text{ м}. \end{aligned}$$

Розв'язуючи (3.36) відносно f_2 , отримаємо

$$f_2 = \frac{\Delta y - e}{\sin \varphi} - (T_2 + b_3) = \frac{7,042}{\sin 2^\circ} - (3,491 + 15,602) = 30,822 \text{ м}.$$

Довжина ділянки f_2 відповідає нормативу, а проекція з'їзду на горизонтальну вісь відносно ЦСП № 1 дорівнює

$$\begin{aligned} \Delta y &= (15,602 + 8,47 + 3,491) \cos 6^\circ 20' 25'' + \\ &+ (3,491 + 8,47 + 15,602) \cos(6^\circ 20' 25'' + 2^\circ) = 54,666 \text{ м}. \end{aligned}$$

Задача 3.8. Визначити відстані між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 3.10, *a* схемою їх розташування і такими даними: приймально-відправні колії, рейки типу Р50, міжколійна відстань $e = 5,30$ м, нормальні умови.

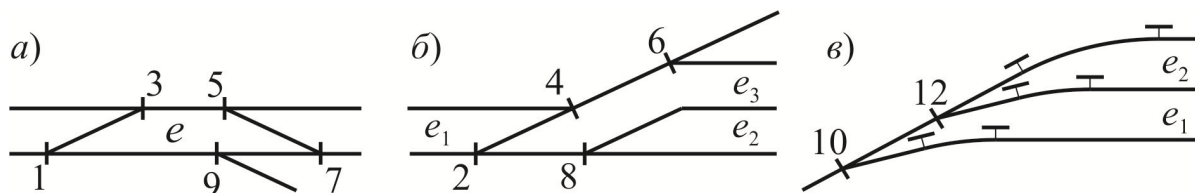


Рис. 3.10. Схеми до задач 3.8–3.10

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів: рейки типу Р50, $M = 1/9$, проект 2498, $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м.

Визначаємо відстані між кожною парою стрілочних переводів за умови ізольованого розташування пар:

– у з'їздах 1-3 та 5-7 і з'єднанні 9-7:

$$L_{1-3} = L_{5-7} = L_{9-7} = \frac{e}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м};$$

– між стрілочними переводами 3-5 з конструкційною вставкою $d_{3-5} = 6,25$ м за схемою № 2:

$$L_{3-5} = a_3 + d_{3-5} + a_5 + 2C = 15,455 + 6,25 + 15,455 + 2 \cdot 0,008 = 37,176 \text{ м};$$

– між стрілочними переводами 1-9 з конструкційною вставкою $d_{1-9} = 6,25$ м за схемою № 5:

$$L_{1-9} = b_1 + d_{1-9} + a_9 + C = 15,602 + 6,25 + 15,455 + 0,008 = 37,315 \text{ м}.$$

У сукупності стрілочні переводи 1-3-5-7 являють собою замкнутий контур – трапецію, у якій існує залежність між довжиною сторін:

$$L_{1-3} \cos \alpha + L_{3-5} + L_{5-7} \cos \alpha = L_{1-9} + L_{9-7}. \quad (3.37)$$

За визначеною довжиною елементів ліва частина (3.37) дорівнює

$$L_{1-7}^{\text{лів}} = 47,993 \cdot 0,993884 + 37,176 + 47,993 \cdot 0,993884 = 132,574 \text{ м},$$

а права частина становить:

$$L_{1-7}^{\text{прав}} = 37,315 + 47,993 = 85,308 \text{ м}.$$

Отримано $L_{1-7}^{\text{лів}} \neq L_{1-7}^{\text{прав}}$, отже обидві вставки d_{3-5} і d_{1-9} конструкційними бути не можуть. Конструкційно може прийматися довжина тільки однієї сторони контуру – та, яка за результатами виконаних розрахунків має більшу величину. Залишаємо довжину $L_{3-5} = 37,176 \text{ м}$ і з (3.37) визначаємо:

$$L_{1-9} = L_{1-3} \cos \alpha + L_{3-5} + L_{5-7} \cos \alpha - L_{9-7} = 132,574 - 47,993 = 84,581 \text{ м}.$$

При цьому довжина вставки між стрілочними переводами 1-9 дорівнює:

$$p_{1-9} = L_{1-9} - (b_1 + a_9) = 84,581 - (15,602 + 15,455) = 53,524 \text{ м}.$$

У цьому прикладі показано один з випадків, коли конструкційна вставка перетворюється у розрахункову.

Задача 3.9. Визначити відстані між ЦСП суміжних стрілочних переводів за наведеною на рис. 3.10, б схемою їх розташування й такими даними: приймально-відправні колії, рейки типу Р50, міжколійні відстані $e_1 = 6,50 \text{ м}$, $e_2 = 5,60 \text{ м}$, $e_3 = 5,30 \text{ м}$, нормальні умови.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів: рейки типу Р50, $M = 1/9$, проект 2498, $a = 15,455 \text{ м}$; $b = 15,602 \text{ м}$.

Визначаємо відстані між кожною парою стрілочних переводів за умови ізольованого розташування пар:

– у з'їзді 2-4 за схемою № 3:

$$L_{2-4} = \frac{e}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м};$$

– між стрілочними переводами 2-8 за схемою № 4:

$$L_{2-8} = \frac{e}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м}.$$

Стрілочні переводи 2-4 візуально розташовані за схемою № 1, але з рис. 3.10, б видно, що вони розміщуються на осях відповідних колій і відстань між ними слід визначати з умови

$$L_{2-4} = \frac{e_2 + e_3 - e_1}{\sin \alpha} = \frac{5,60 + 5,30 - 6,50}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 39,843 \text{ м.}$$

При цьому довжина вставки між стрілочними переводами 2-4 дорівнює:

$$p_{2-4} = L_{2-4} - (a_2 + a_4) = 39,843 - (15,455 + 15,455) = 8,933 \text{ м,}$$

і менше за нормативну конструкційну $d = 12,5$ м, але перевищує допустиму $d = 6,25$ м для важких умов. З метою виключення зміни міжколійних відстаней допустимо залишити вставку $p_{2-4} = 8,933$ м і довжину $L_{2-4} = 39,843$ м.

Це ще один випадок, коли конструкційна вставка перетворюється в розрахункову.

Задача 3.10. Визначити відстані між ЦСП стрілочних переводів 10-12 за наведеною на рис. 3.10, в схемою їх розташування і такими даними: приймально-відправні колії, рейки типу Р50, міжколійні відстані $e_1 = e_2 = 5,30$ м, нормальні умови.

Розв'язання. Формально стрілочні переводи 10-12 розташовані за схемою № 4 і відстань між їх центрами може бути визначена за допомогою формули (3.18). Але в нашому випадку, за наявності захрестовинних кривих після стрілочних переводів, бокові відхилення колій не паралельні й відстань між переводами L_{10-12} не залежить від міжколійної відстані e . У результаті між стрілочними переводами 10-12 може вкладатися мінімальна конструкційна вставка, передбачена для схеми № 4 у заданих умовах: $d_{10-12} = 12,50$ м, а відстань між їх ЦСП становить:

$$L_{10-12} = b_{10} + d_{10-12} + a_{12} + C = 15,602 + 12,50 + 15,455 + 0,008 = 43,565 \text{ м.}$$

У цьому прикладі показано один з випадків, коли замість розрахункової вставки може вкладатися конструкційна.

Задача 3.11. Визначити довжину прямих ділянок f_1 та f_2 між стрілочними переводами № 4, № 6 і кривою ділянкою в наведеній на рис. 3.11 схемі з'єднання колій за такими вихідними даними. Стрілочні переводи марки 1/9 і приймально-відправні колії – на залізобетонних шпалах з рейками типу Р50, міжколійні відстані $e_1 = 6,50$ м, $e_2 = 5,30$ м, нормальні умови.

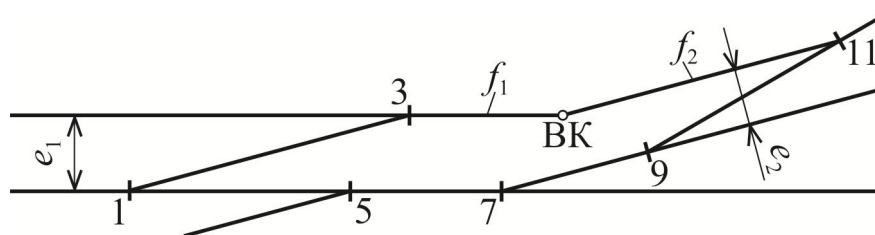


Рис. 3.11. Схема до задачі 3.11

Розв'язання. Прямі ділянки колій f_1 та f_2 входять до складу замкнутого контуру 1-3-ВК-11-9-7-5-1, тому для їх визначення слід користуватися властивістю контуру: з будь-якої точки n контуру до будь-якої іншої точки k контуру можливо пройти двома маршрутами, назовемо їх верхнім і нижнім відповідно до їх положення на схемі. При цьому алгебраїчні суми проекцій усіх елементів на будь-яку координатну вісь за верхнім і нижнім маршрутами однакові, тобто:

– на горизонтальну вісь Δx :

$$\sum_n^k L_{B,i} \cos F_{B,i} = \sum_n^k L_{H,i} \cos F_{H,i}; \quad (3.38)$$

– на вертикальну вісь Δy :

$$\sum_n^k L_{B,i} \sin F_{B,i} = \sum_n^k L_{H,i} \sin F_{H,i}, \quad (3.39)$$

де $L_{B,i}$, $L_{H,i}$ – довжина окремого елемента відповідно за лівим і правим маршрутом;

$F_{B,i}$, $F_{H,i}$ – кут нахилу окремого елемента відповідно за верхнім і нижнім маршрутом до горизонтальної осі X .

Для складання рівнянь проекцій спочатку потрібно згідно зі схемою контуру встановити величини кутів F_i нахилу кожного елемента

до горизонтальної осі X . Кут нахилу F_i окремого елемента визначається як алгебраїчна сума всіх кутів повороту на стрілках і кривих, починаючи від елемента з відомим кутом нахилу.

У наведеній на рис. 3.11 схемі елементи 1-5, 5-7 мають кут $F_{1-5} = F_{5-7} = 0$, а кути нахилу інших елементів наведені на рис. 3.12.

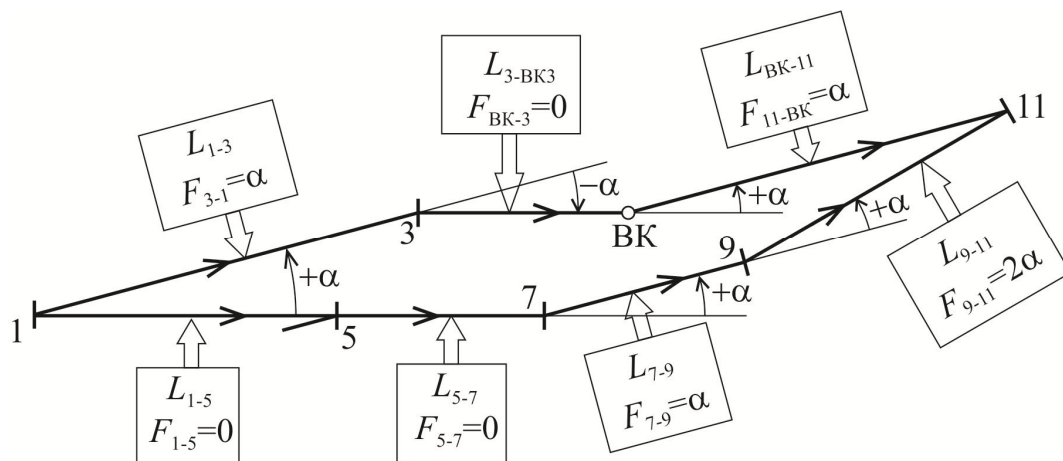


Рис 3.12. Параметри елементів контуру

Приймаємо початкову точку $n=1$ а кінцеву $k=11$ і користуючись наведеними на рис. 3.12 позначеннями параметрів елементів, складемо рівняння проєкцій маршрутів:

– на горизонтальну вісь X за (3.38)

$$\begin{aligned} L_{1-3} \cos F_{1-3} + L_{3-BK} \cos F_{3-BK} + L_{11-BK} \cos F_{11-BK} = \\ = L_{1-5} \cos F_{1-5} + L_{5-7} \cos F_{5-7} + L_{7-9} \cos F_{7-9} + L_{9-11} \cos F_{9-11} \end{aligned} \quad ; \quad (3.40)$$

– на вертикальну вісь Y за (3.39)

$$\begin{aligned} L_{1-3} \sin F_{1-3} + L_{3-BK} \sin F_{3-BK} + L_{11-BK} \sin F_{11-BK} = \\ = L_{1-5} \sin F_{1-5} + L_{5-7} \sin F_{5-7} + L_{7-9} \sin F_{7-9} + L_{9-11} \sin F_{9-11} \end{aligned} \quad , \quad (3.41)$$

Невідомі елементи L_{3-BK} та L_{BK-11} у рівняннях (3.40) і (3.41) можна визначити звичайним методом підстановки. Враховуючи, що $F_{1-5} = 0$, $F_{5-7} = 0$, $F_{BK-3} = 0$ і добутки $L_{1-5} \sin F_{1-5} = L_{5-7} \sin F_{5-7} = L_{BK-3} \sin F_{BK-3} = 0$, з (3.41) можна визначити:

$$L_{\text{БК-11}} = \frac{L_{7-9} \sin F_{7-9} + L_{9-11} \sin F_{9-11} - L_{1-3} \sin F_{1-3}}{\sin F_{\text{БК-11}}}. \quad (3.42)$$

За вихідними даними розраховуємо довжину з'їздів:

$$L_{1-3} = \frac{e_1}{\sin \alpha} = \frac{6,50}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 58,859 \text{ м};$$

$$L_{1-5} = \frac{e_{\text{н}}}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м};$$

$$L_{9-11} = \frac{e_2}{\sin \alpha} = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 47,993 \text{ м}.$$

За даними табл. 2.2 визначаємо відстані:

– між ЦСП № 5 і № 7 для схеми 1 при $d_{5-7} = 12,50$ м: $L_{5-7} = 43,43$ м;

– між ЦСП № 7 і № 9 для схеми 5 при $d_{7-9} = 6,25$ м: $L_{7-9} = 37,32$ м.

Користуючись визначеними довжинами елементів та наведеними на рис. 3.12 позначеннями кутів їх нахилу, за формулою (3.42) розраховуємо:

$$L_{\text{БК-11}} = \frac{37,32 \sin 6^\circ 20' 25'' + 47,993 \sin 12^\circ 40' 50'' - 58,859 \sin 6^\circ 20' 25''}{\sin 6^\circ 20' 25''} = 73,860 \text{ м}.$$

Колію в кривій ділянці на залізобетонних шпалах проектуємо радіусом $R = 350$ м (див. п. 2.4), і для кута повороту кривої $\varphi = \alpha = 6^\circ 20' 25''$ (див. рис. 3.12) величина її тангенса дорівнює

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 350 \frac{6^\circ 20' 25''}{2} = 19,385 \text{ м}.$$

Параметри стрілочних переводів проекту 2498 згідно з табл. 1.1 становлять: $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $S_{\text{ОСН}} > S_{\text{ДОД}}$, $\alpha = 6^\circ 20' 25''$.

Довжина прямої ділянки від кінця кривої до хрестовини СП № 11 дорівнює:

$$f_2 = L_{\text{БК-11}} - (b + T) = 73,860 - (15,602 + 19,385) = 38,873 \text{ м}.$$

і відповідає викладеним у п. 2.4 вимогам, за якими пряма ділянка повинна бути не менше $k_1 = 8,47$ м.

За встановленою величиною $L_{\text{БК-11}} = 73,860$ м з (3.40) можна визначити невідому довжину іншої ділянки:

$$\begin{aligned}
L_{3-ВК} &= \frac{L_{1-5} \cos F_{1-5} + L_{5-7} \cos F_{5-7} + L_{7-9} \cos F_{7-9} + L_{9-11} \cos F_{9-11}}{\cos F_{3-ВК}} - \\
&\quad - \frac{-L_{1-3} \cos F_{1-3} - L_{ВК-11} \cos F_{ВК-11}}{\cos F_{3-ВК}} = \\
&= \frac{47,993 \cdot \cos 0 + 43,43 \cdot \cos 0 + 37,32 \cdot \cos 6^\circ 20' 25''}{\cos 0} + \\
&\quad + \frac{47,993 \cdot \cos 12^\circ 40' 50'' - 58,859 \cdot \cos 6^\circ 20' 25'' - 73,860 \cdot \cos 6^\circ 20' 25''}{\cos 0} = 43,430 \text{ м.}
\end{aligned}$$

Довжина прямої ділянки після рамної рейки СП № 3 до початку кривої дорівнює:

$$f_1 = L_{3-ВК} - (a + T) = 43,430 - (15,455 + 19,385) = 8,590 \text{ м.}$$

При залізобетонних шпалах колії і залізобетонних брусах стрілочних переводів крива ділянка радіусом $R = 350$ м може починатися безпосередньо від початку рамних рейок (див. схему 5 у табл. 2.8). Таким чином, усі вставки і прямі ділянки у заданій схемі з'єднання колій за наведеними вихідними даними відповідають чинним вимогам.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть поняття «захрестовинна крива».
2. Які радіуси застосовують при проектуванні кривих ділянок на станційних коліях?
3. Зобразіть схему й наведіть основні елементи звичайного кінцевого сполучення паралельних колій.
4. Наведіть вирази для розрахунку таких параметрів звичайного кінцевого сполучення колій: довжина прямої ділянки за хрестовиною, тангенс кривої, проекція на горизонтальну вісь.
5. Викладіть вимоги до величини прямої ділянки за хрестовиною стрілочного переводу в кінцевому сполученні колій.
6. У яких випадках і з якою метою застосовують скорочене сполучення?
7. Скласти рівняння для розрахунку кута β у випадку паралельного зміщення колії (рис. 3.13, а) та скороченого з'єднання (рис. 3.13, б) колій.

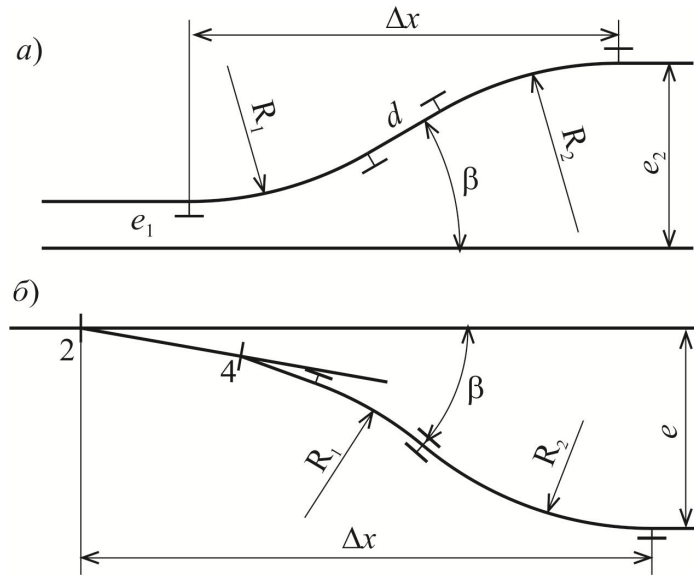


Рис. 3.13. Схеми до контрольних запитань

8. Запишіть вирази для розрахунку тангенсів наведених на рис. 3.13 кривих ділянок колій.

9. Наведіть вирази для розрахунку горизонтальних проекцій Δx колій на рис. 3.13.

10. Назвіть тип і всі елементи наведеного на рис 3.14 з'єднання колій.

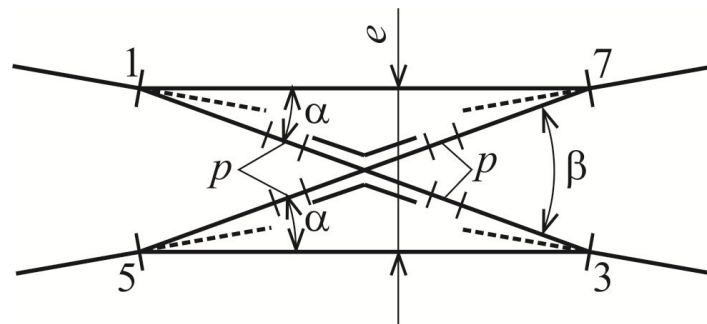


Рис. 3.14. Схема до контрольних питань

11. Визначте марку та величину кута хрестовини β глухого пересічення в наведеному на рис 3.14 з'єднанні колій при стрілочних переводах марки 1/9 або 1/6.

4. Сплетення та суміщення колій

4.1. Улаштування та розрахунок сплетення колій

Сплетення залізничних колій являє собою суміщення рейкових ниток двох колій на загальних шпалах (рис. 4.1).

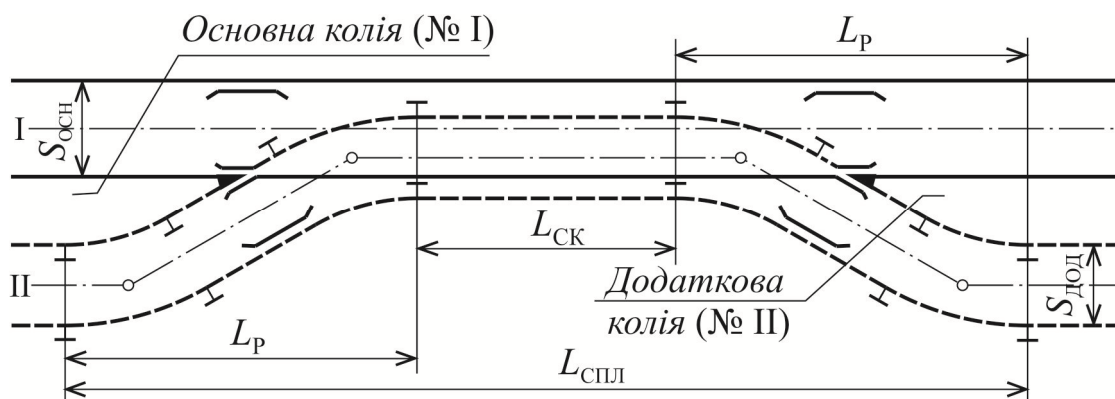


Рис. 4.1. Сплетення залізничних колій:

$L_{\text{спл}}$ – загальна довжина сплетення; $L_{\text{п}}$ – довжина ділянки суміщених колій; $L_{\text{р}}$ – розрахункова ділянка сплетення

Сплетення колій застосовують на ділянках дво- та багатоколійних ліній під час ремонту штучних споруд або земляного полотна з метою організації одноколійного руху без використання стрілочних переводів. Сплетення колій може використовуватися також для суміщення колій різної ширини (наприклад, 1520 мм і 1435 мм) на загальній верхній будові.

Основою для розрахунку сплетення колій, розрахункова схема якого наведена на рис. 4.2, є нормативи взаємного розташування між собою суміжних рейок різних колій з урахуванням елементів рейкових проміжних скріплень (підкладок).

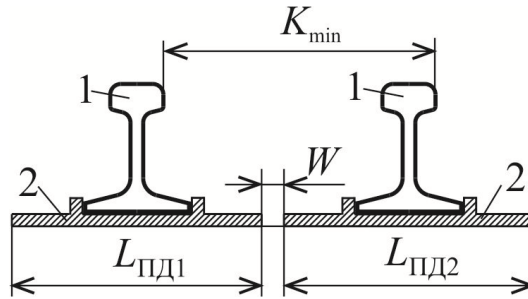


Рис. 4.2. Розрахункова схема розташування суміжних рейок
1 – рейки суміжних колій; 2 – підкладки

Згідно з наведеною на рис. 4.2 схемою, мінімальна відстань між робочими гранями рейок суміжних колій становить

$$K_{\min} = L_{\text{ПД1}} + W + L_{\text{ПД2}},$$

де $L_{\text{ПД1}}$, $L_{\text{ПД2}}$ – довжина підкладок суміжних рейок;

W – мінімальний зазор між підкладками рейок,
 $W = 0,030 \text{ м}$.

Довжина підкладок залежить від типів рейок, шпал та конструкції проміжних скріплень. Параметри підкладок і відстані $K_{\min}$ залежно від типу рейок з костильним скріпленням на дерев'яних шпалах наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Відстані $K_{\min}$ між робочими гранями суміжних рейок

Тип рейок	Тип підкладок	$L_{\text{ПД}}$, мм	$K_{\min}$, мм, для суміжних рейок		
			P75, P65	P50	P43
P75, P65	Д65	360	390	365	–
P50	Д50	310	365	340	330
P43	Д43	290	–	330	320

Схеми суміщення двох колій з різними варіантами розташування основної та додаткової колій наведені на рис. 4.3.

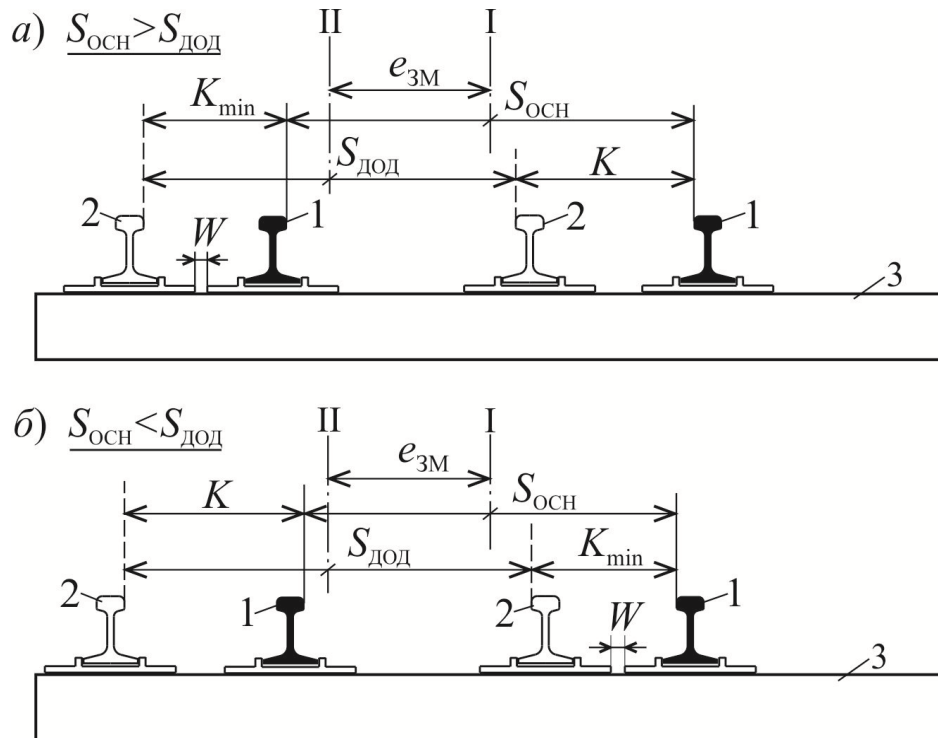


Рис. 4.3. Схема суміщення колій. Робочі грані рейок:

— — — — основної колії I; - - - - - додаткової колії II;
 - . . . - . осі колій

Осі колій: 1 – рейки основної колії I; 2 – рейки додаткової колії II; 3 – шпали

При сплетенні колій рейки додаткової колії розташовують виходячи з умови дотримання між робочими гранями головок суміжних рейок відстаней $K \geq K_{\min}$. При цьому відстань K згідно з наведеними на рис. 4.3 схемами визначається:

– у випадку *a*, коли ширина основної колії $S_{\text{осн}}$ перевищує ширину додаткової колії $S_{\text{дод}}$, тобто $S_{\text{осн}} > S_{\text{дод}}$

$$K = S_{\text{осн}} + K_{\min} - S_{\text{дод}}; \quad (4.1)$$

– у випадку *б*, коли $S_{\text{осн}} < S_{\text{дод}}$

$$K = S_{\text{дод}} + K_{\min} - S_{\text{осн}}. \quad (4.2)$$

Відстань між осями колій в зоні сплетення e_{3M} визначається як

$$e_{3M} = K_{\min} + \frac{S_{\text{Б}} - S_{\text{М}}}{2}, \quad (4.3)$$

де $S_{\text{Б}}$, $S_{\text{М}}$ – відповідно більша та менша ширина колій у сплетенні.

Конструкція розрахункової ділянки сплетення двох колій для випадку $S_{\text{ОСН}} > S_{\text{ДОД}}$ має наведений на рис. 4.4. вигляд.

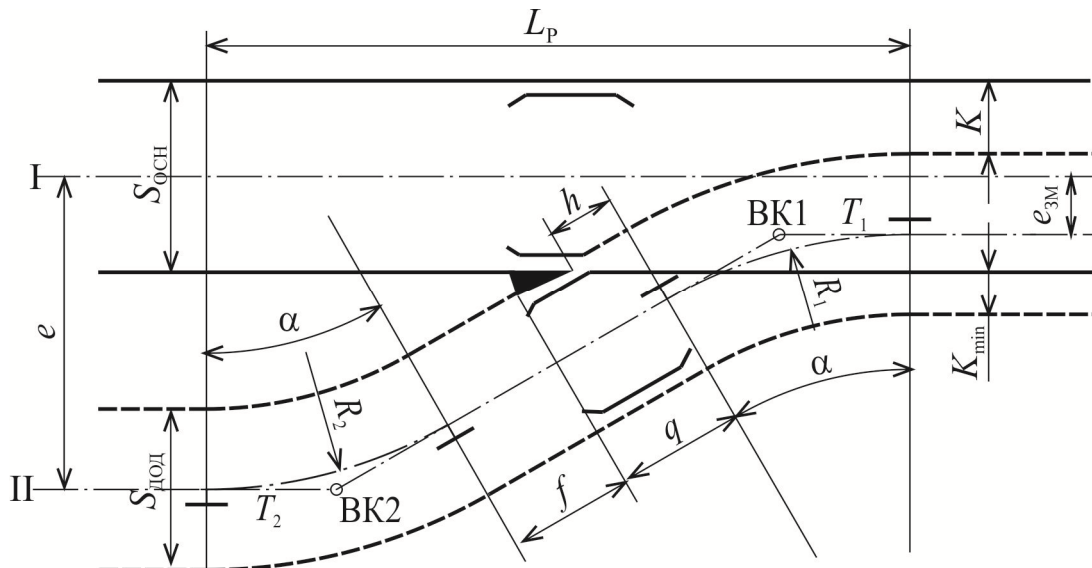


Рис. 4.4. Конструкція розрахункової ділянки сплетення колій

Вихідними даними для розрахунку сплетення колій є:

- радіуси кривих додаткової колії в межах сплетення R_1 та кінцевого сполучення R_2 ;
- параметри хрестовини (марка M , кут α , довжина її передньої h та задньої q частин), які приймаються за епюрою стрілочного переводу з типом рейок додаткової колії сплетення;
- міжколійна відстань e між основною та додатковою коліями за межами сплетення.

За наведеною на рис. 4.4 схемою здійснюється розрахунок параметрів сплетення колій.

За формулою (2.6) визначаються тангенси кривих

$$T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad T_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

За вихідними даними визначається довжина прямої ділянки перед хрестовиною

$$n = \frac{S_{\text{ОСН}} - K}{\sin \alpha} 10^{-3} - T_1, \quad (4.4)$$

яка повинна бути не менше довжини передньої частини хрестовини h згідно з її епюрою.

Довжина прямої ділянки за хрестовиною до початку захрестовинної кривої

$$f = \frac{e - \frac{S_{\text{ОСН}}}{2} 10^{-3}}{\sin \alpha} - (T_1 + q), \quad (4.5)$$

повинна відповідати наведеним у п. 2.2 вимогам.

Відстань між вершинами кутів повороту додаткової колії

$$L_{\text{БК1-БК2}} = \frac{e - e_{\text{ЗМ}} 10^{-3}}{\sin \alpha}. \quad (4.6)$$

Розрахункова довжина сплетення колій

$$L_{\text{СПЛ}} = L_{\text{БК1-БК2}} \cos \alpha + T_1 + T_2. \quad (4.7)$$

4.2. Улаштування та розрахунок суміщення колій

У випадках, коли різниця ширини двох колій ($S_{\text{ОСН}} - S_{\text{ДОД}}$) перевищує величину K_{min} , може застосовуватися суміщення колій, принципова схема якого наведена на рис. 4.5.

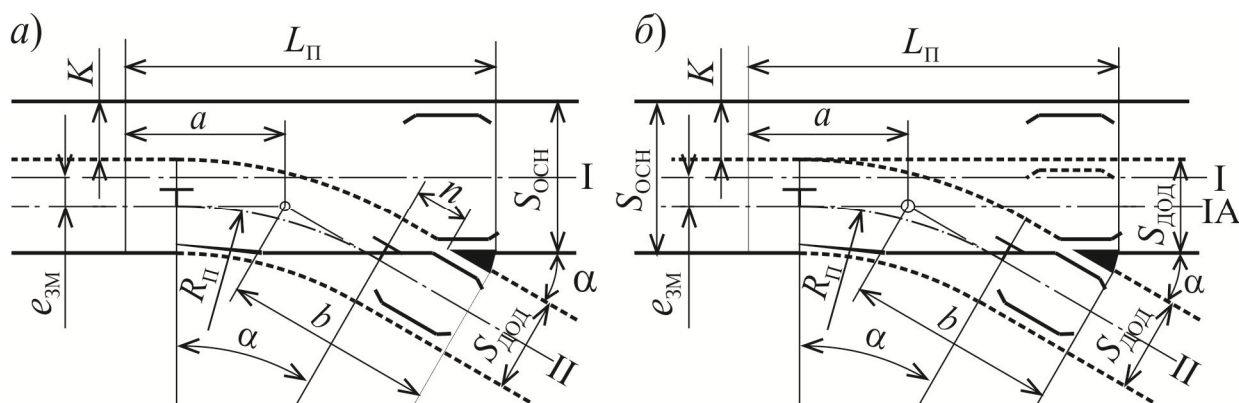


Рис. 4.5. Суміщення колій з різною шириною

Застосовують суміщення колій у випадку підходу широкої та вузької колій до загальних вантажних складів та площадок. На відміну від сплетення у суміщенні колій використовують три нитки рейок, одна з яких є спільною для рухомого складу обох колій, але при цьому застосовується або один вістряк (рис. 4.5, *а*), або стрілочний перевід (рис. 4.5, *б*) за епюрою для вузької колії. Довжина ділянки розгалуження (злиття) колій відповідає довжині стрілочного переходу L_{Π} вузької колії, а розрахунок параметрів з'єднання колій не відрізняється від розрахунків звичайних з'єднань.

Приклади розв'язання задач

Задача 4.1. Виконати розрахунок сплетення колій за вихідними даними, наведеними в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Вихідні дані для проектування сплетення колій

№ пор.	Дані		Значення	
1	Ширина колії основної $S_{\text{ОСН}}$, мм		1 520	
2	Ширина колії додаткової $S_{\text{ДОД}}$, мм		1 435	
3	Тип рейок основної колії		Р50	
4	Тип рейок додаткової колії		Р50	
5	Радіус кривої у сплетенні R_1 , м		200,0	
6	Радіус захрестовинної кривої після сплетення R_2 , м		200,0	
7	Міжколійна відстань між паралельними коліями e , м		4,10	
8	Параметри хрестовини	марка	1/11	1/9
		кут, градус	5° 11' 40"	6° 20' 25"
		довжина передньої частини h , мм	2 650	2 085
		довжина задньої частини q , мм	2 300	1 880

За умовами задачі ширина основної колії перевищує ширину додаткової колії, тобто $S_{\text{ОСН}} > S_{\text{ДОД}}$, і схема сплетення колій відповідає наведений на рис. 4.4. Для заданих типів рейок (Р50) суміжних колій за даними табл. 4.1 визначається мінімальна відстань між рейками: $K_{\text{min}} = 340$ мм. Ця відстань приймається між робочими гранями рейок колії № II, а відстань між робочими гранями рейок колії № I визначається за формулою (4.1):

$$K = S_{\text{ОСН}} + K_{\text{min}} - S_{\text{ДОД}} = 1520 + 340 - 1435 = 425 \text{ мм.}$$

Відстань між осями колій у зоні сплетення $e_{3\text{М}}$ визначається за формулою (4.3) і становить:

$$e_{3\text{М}} = 340 + \frac{1520 - 1435}{2} = 382,5 \text{ мм.}$$

Тангенси кривих ВК1 і ВК2 дорівнюють

$$T_1 = T_2 = 200 \text{tg} \frac{6^\circ 20' 25''}{2} = 11,077 \text{ м.}$$

Довжина прямої ділянки перед хрестовиною визначається згідно з виразом (4.4)

$$n = \frac{S_{\text{ОСН}} - K}{\sin \alpha} 10^{-3} - T_1 = \frac{1520 - 425}{0,110433} 10^{-3} - 11,077 = 9,916 - 11,077 = -1,161 \text{ м.}$$

Отримане від'ємне значення n свідчить про неможливість вписування кривої ВК1 з такими параметрами сплетення. Тому приймаємо хрестовину марки 1/11, параметри якої наведені в табл. 4.2, і повторюємо розрахунки:

$$T_1 = T_2 = 200 \text{tg} \frac{5^\circ 11' 40''}{2} = 9,072;$$

$$n = \frac{S_{\text{ОСН}} - K}{\sin \alpha} 10^{-3} - T_1 = \frac{1520 - 425}{0,090909} 10^{-3} - 9,072 = 12,045 - 9,072 = 2,973 \text{ м.}$$

Отримана довжина вставки $n = 2,973$ м перевищує довжину передньої частини хрестовини $h = 2,650$ м, що відповідає нормам проектування.

Довжина прямої ділянки за хрестовиною до початку захрестовинної кривої визначається за формулою (4.5) і становить

$$f = \frac{4,100 - \frac{1520}{2} 10^{-3}}{0,090909} - (9,072 + 2,30) = 25,368 \text{ м.}$$

Довжини ділянки f відповідає нормам проектування (див. п. 2.2).

Відстань між вершинами кутів повороту додаткової колії визначається за (4.6) і дорівнює

$$L_{BK1-BK2} = \frac{4,10 - 382,5 \cdot 10^{-3}}{0,090909} = 40,893 \text{ м,}$$

а розрахункова довжина сплетення колій за (4.7) становить.

$$L_p = 40,893 \cdot 0,995893 + 9,072 + 9,072 = 58,869 \text{ м.}$$

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть призначення сплетення колій.
2. Що обмежує мінімальну відстань між суміжними рейками?
3. Як визначається мінімальна відстань між суміжними рейками?
4. Як визначається міжколійна відстань у зоні сплетення колій?
5. Накресліть конструкцію сплетення колій з однаковою та різною шириною колії.
6. Поясніть призначення суміщення колій.
7. Накресліть конструкцію суміщення колій.
8. Чи можливо застосувати суміщення колій з шириною:
а) 1 520 мм і 1 520 мм; б) 1 520 мм і 1 435 мм; в) 1 520 мм і 1 000 мм?
9. Поясніть відмінності конструкцій сплетення та суміщення колій.

5. Стрілочні вулиці

Стрілочною вулицею називається колія, на якій послідовно укладені стрілочні переводи для примикання групи паралельних колій.

Стрілочні вулиці певної конструкції можуть використовуватися під час розробки та проектування стрілочних горловин парків станцій. Основою розробки конструкції стрілочних горловин, у свою чергу, є технологія роботи станцій та парків, яка визначає потрібні поїзні та маневрові пересування й необхідну кількість паралельних маршрутів. При цьому, безумовно, повинні бути дотримані норми проектування та гарантована безпека руху.

За конструкцією розрізняють прості, скорочені, під подвійним кутом хрестовини, віялові, комбіновані й пучкоподібні стрілочні вулиці. Метою розрахунку стрілочних вулиць є визначення координат центрів стрілочних переводів та вершин кутів повороту кривих.

Вихідними даними для розрахунку стрілочних вулиць усіх видів є відстані між осями паралельних колій (міжколіїні відстані) e , радіуси кривих R , дані про стрілочні переводи (марки хрестовин, тип рейок і брусів) та їх параметри (a, b, k_1, α) , дані про колії (призначення, тип рейок і шпал), а також швидкості руху та умови проектування (нормальні, важкі).

5.1. Прості стрілочні вулиці

Розрізняють два типи простих стрілочних вулиць: під кутом хрестовини (рис. 5.1, *а*) і розташовану на основній колії (рис. 5.1, *б*).

Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3, 3-4 вулиці *під кутом хрестовини* розташовані за схемою 4 (табл. 2.1) попутного укладання. Відстань між центрами цих стрілочних переводів визначається залежно від міжколіїних відстаней e_i за формулою

$$L_p = \frac{e_i}{\sin \alpha}. \quad (5.1)$$

Міжколіїні відстані e_i встановлюються згідно з вимогами [3] і можуть мати різну величину.

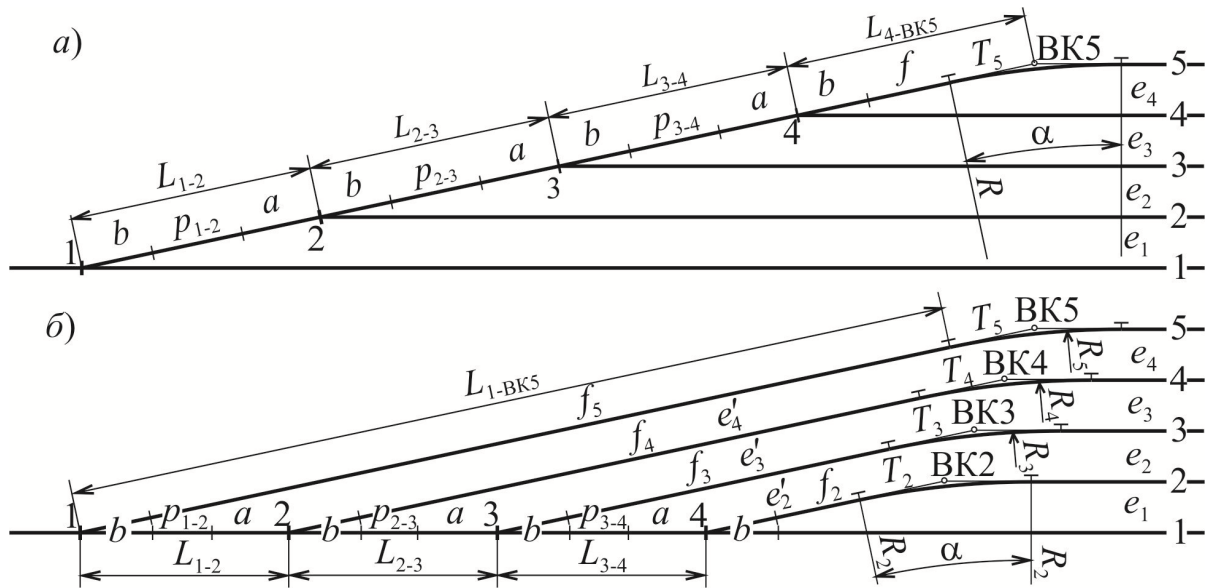


Рис. 5.1. Прості стрілочні вулиці:
а – під кутом хрестовини; б – на основній колії

Довжина рейкової вставки p між стрілочними переводами визначається за формулою (2.3) залежно від їх параметрів

$$p = L_p - (b + a + U) \quad (5.2)$$

і повинна бути не меншою за вказану в табл. 2.1 для відповідної схеми взаємного розташування переводів.

Величина прямої ділянки колії між стрілочним переводом № 4 і початком кривої на колії № 5 визначається за формулою (3.2) згідно з прийнятими параметрами елементів

$$f = \frac{e_4}{\sin \alpha} - (b + T_5)$$

і має бути не меншою за нормативну довжину (табл. 2.6).

Величина тангенса T_5 кривої ВК5 визначається за формулою (2.6) для кута повороту $\varphi = \alpha$

$$T_5 = R_5 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

За відомими координатами ЦСП № 1 (x_1, y_1) визначаються координати інших переводів та вершини кута повороту:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + L_{1-2} \cos \alpha; \quad x_3 = x_2 + L_{2-3} \cos \alpha; \quad x_4 = x_3 + L_{3-4} \cos \alpha; \quad x_{\text{БК5}} = x_4 + (b + f + T_5) \cos \alpha; \\ y_2 &= y_1 + L_{1-2} \sin \alpha; \quad y_3 = y_2 + L_{2-3} \sin \alpha; \quad y_4 = y_3 + L_{3-4} \sin \alpha; \quad y_{\text{БК5}} = y_4 + (b + f + T_5) \sin \alpha; \end{aligned}$$

У стрілочній вулиці *на основній колії* (див. рис. 5.1, б) міжколійні відстані e'_i у зоні прямих ділянок $f_2..f_5$ можуть відповідно дорівнювати відстаням e_i . З метою скорочення довжини горловини відстані e'_i можуть бути меншими за e_i , але не менше за встановлені нормативи [3]: для нормальних умов проектування $e_n = 5,30$ м, для важких – $e_{\min} = 4,80$ м.

Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3, 3-4 цієї вулиці розташовані за схемою 4 попутного укладання. Згідно з прийнятими величинами e'_i визначаються: за формулою (5.1) – відстані L_p між центрами стрілочних переводів, за формулою (5.2) – довжина p рейкових вставок між переводами.

Довжина прямих ділянок колії $f_2..f_5$ між стрілочними переводами та початком кривих на коліях 2-5 визначається за формулою

$$f_i = \frac{\sum_{j=1}^i e_j}{\sin \alpha} - (b_i + T_i), \quad (5.3)$$

де i – порядковий номер колії з відповідною ділянкою f_i .

Тангенси кривих T_i на коліях 2-5 визначаються як

$$T_i = R_i \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (5.4)$$

Довжина кожної прямої ділянки f_i перевіряється на відповідність нормативам взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок (табл. 2.6).

За відомими координатами ЦСП № 1 визначаються координати інших переводів та вершин кутів повороту:

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 + L_{1-2}; & x_3 &= x_2 + L_{2-3}; & x_4 &= x_3 + L_{3-4}; \\x_{BK2} &= x_4 + (b + f_2 + T_2) \cos \alpha; & x_{BK3} &= x_3 + (b + f_3 + T_3) \cos \alpha; \\x_{BK4} &= x_2 + (b + f_4 + T_4) \cos \alpha; & x_{BK5} &= x_1 + (b + f_5 + T_5) \cos \alpha;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_2 &= y_3 = y_4 = y_1; \\y_{BK2} &= y_1 + (b + f_2 + T_2) \sin \alpha; & y_{BK3} &= y_1 + (b + f_3 + T_3) \sin \alpha; \\x_{BK4} &= y_1 + (b + f_4 + T_4) \sin \alpha; & x_{BK5} &= y_1 + (b + f_5 + T_5) \sin \alpha.\end{aligned}$$

Перевагою простих вулиць є хороша видимість сигналів, мінімальні криві ділянки, зручність обслуговування колій, а недоліком – пропорційне кількості колій збільшення довжини горловини. Тому прості стрілочні вулиці проектуються з переводами марки 1/9 переважно в парках з малою кількістю колій (до чотирьох-п'яти).

З двох видів простих стрілочних вулиць перевагу надають вулиці під кутом хрестовини (рис. 5.1, *a*), яка має прямі колії в межах корисної довжини, що забезпечує кращу видимість сигналів, та мінімальну кількість стрілочних переводів, розташованих на основній колії № 1. Це важливо, коли вона є головною.

5.2. Скорочені стрілочні вулиці

Скорочені стрілочні вулиці мають більш круті нахили (під кутом $\beta > \alpha$) за рахунок укладання додаткової кривої після першого стрілочного переводу (див. рис. 5.2).

Для отримання найкоротшої вулиці приймаються мінімальні відстані від ЦСП до початку кривих: перед рамними рейками a' і за хрестовиною b' , які визначаються за нормативами їх взаємного розташування (див. п. 2.4).

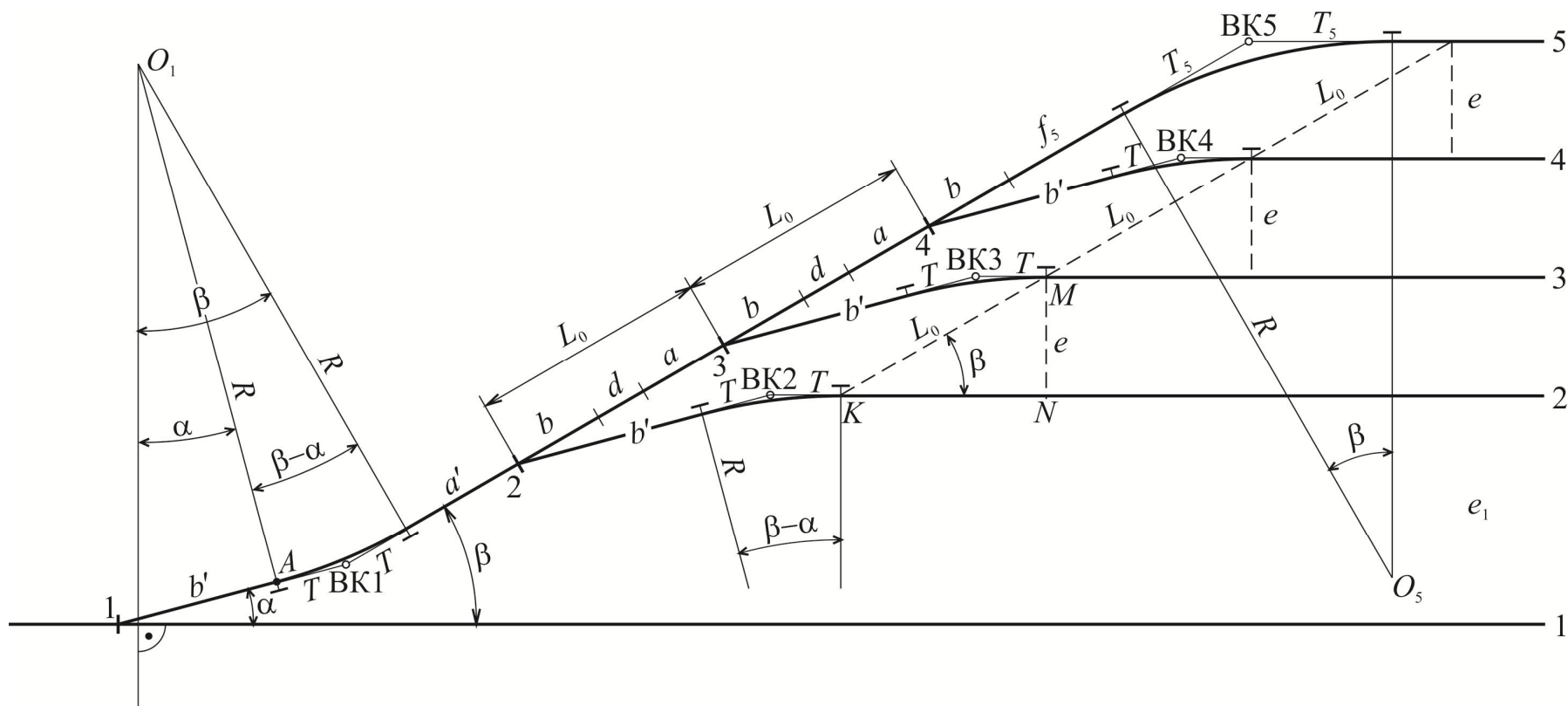


Рис. 5.2. Розрахункова схема скороченої стрілочної вулиці

Формально суміжні стрілочні переводи 1-2 та 2 -3 розташовані за схемою № 4 і відстань між їх центрами може бути визначена за допомогою формули (5.1) при мінімальній міжколійній відстані $e_{\min}$. Але в цьому випадку, за наявності захрестовинних кривих після стрілочних переводів, бокові відхилення колій не паралельні й відстань між вказаними переводами не залежить від міжколійної відстані e у межах прямих ділянок колій. У результаті між цими стрілочними переводами може вкладатися мінімальна конструкційна вставка $d_{\min}$, передбачена для схеми № 5 у заданих умовах (табл. 2.1), а відстань між їх центрами визначається як

$$L_0 = a + d_{\min} + b + U . \quad (5.5)$$

У скороченій стрілочній вулиці насамперед підлягає визначенню максимально можлива величини кута β її нахилу до основної колії, що може бути здійснено двома способами.

Перший спосіб розрахунку базується на забезпеченні вписування ділянки довжиною L_0 (її вертикальної проекції) у задану величину міжколійної відстані e . За цієї умови величина кута β визначається з трикутника KMN (див. рис. 5.2)

$$\beta = \arcsin \frac{e}{L_0} . \quad (5.6)$$

Розрахована за (5.6) величина кута є максимальною, бо її збільшення приводить до зростання міжколійних відстаней, а зменшення – до подовження стрілочної вулиці.

За встановленою величиною β визначаються кути повороту інших кривих:

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \beta - \alpha; \quad \varphi_5 = \beta ,$$

і за формулою (2.6) – їх тангенси:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}; \quad T_5 = R \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} . \quad (5.7)$$

Величину прямої ділянки колії f_5 між стрілочним переводом № 5

та початком кривої ВК5 можна визначити за розрахунковою схемою, наведеною на рис. 5.3.

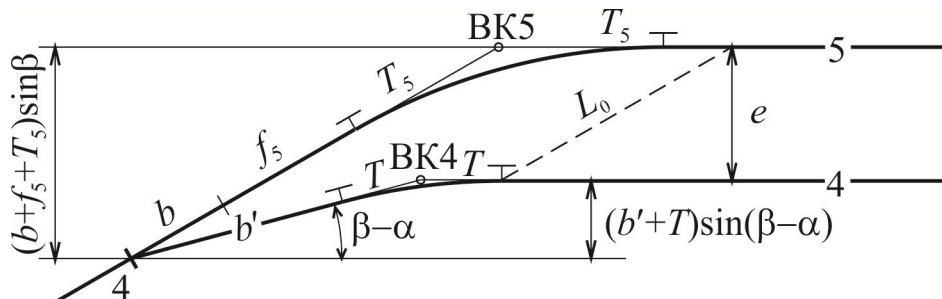


Рис. 5.3. Розрахункова схема визначення довжини прямої ділянки f_5

Із зображеної схеми випливає

$$(b + f_5 + T_5) \sin \beta = e + (b' + T) \sin (\beta - \alpha),$$

звідки

$$f_5 = \frac{e + (b' + T) \sin (\beta - \alpha)}{\sin \beta} - (b + T_5). \quad (5.8)$$

Довжина прямої ділянки колії f_5 перевіряється на відповідність умовам взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок колії.

За наведеною методикою розрахунку кута β величина міжколіїної відстані e_1 між коліями № 1 і № 2 є розрахунковою й визначається як сума проєкцій на вертикальну вісь елементів від ЦСП1 до ВК2:

$$e_1 = (b' + T) \sin \alpha + (T + a') \sin \beta + (b' + T) \sin (\beta - \alpha). \quad (5.9)$$

У випадку, коли отримана величина e_1 не відповідає потрібній, необхідно виконати коригування конструкції стрілочної вулиці.

Якщо потрібна міжколіїна відстань $e_{\text{пр}}$ між коліями 1 і 2 перевищує розрахункову ($e_{\text{пр}} > e_1$), то для її забезпечення відстань від кінця кривої ВК1 до ЦСП № 2 збільшується (див. рис. 5.4, а) на величину

$$\Delta l = \frac{e_{\text{пр}} - e_1}{\sin \beta} \quad (5.10)$$

і становить $(a' + \Delta l)$. Нове положення колії № 1 показано пунктиром на рис. 5.4, а.

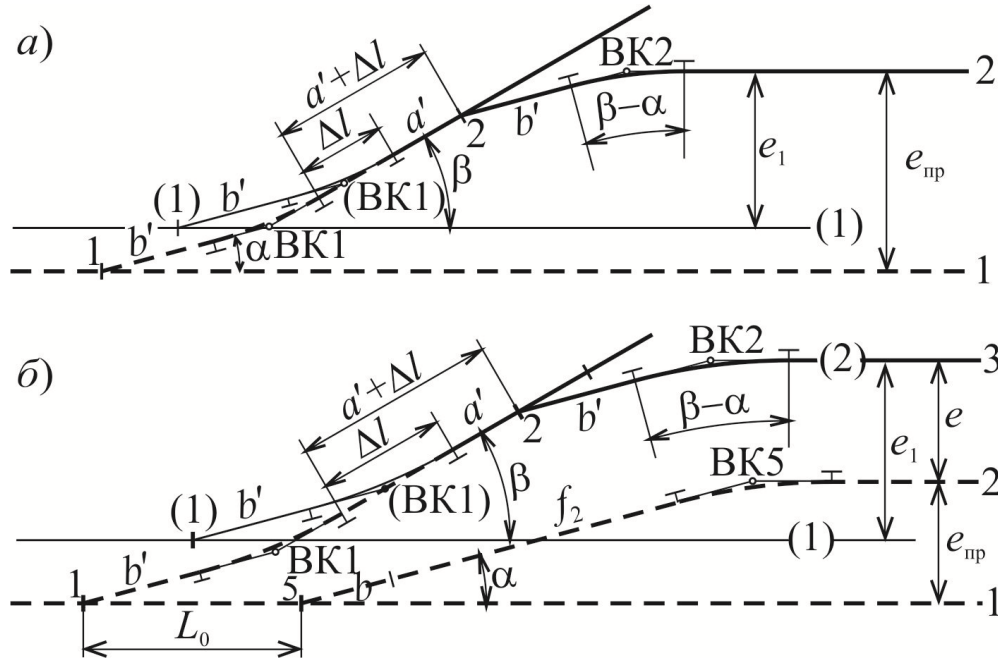


Рис. 5.4. Схеми коригування конструкції скороченої стрілочної вулиці

Якщо потрібна міжколійна відстань $e_{\text{пр}}$ між коліями № 1 і № 2 менша за розрахункову ($e_{\text{пр}} < e_1$), то примикання колії № 2 здійснюється (див. рис. 5.4, б) стрілочним переводом № 5 до основної колії № 1 на відстані L_0 від ЦСП № 1. Нове положення колій № 1 і № 2 показано пунктиром на рис. 5.4, б. При цьому відстань від кінця кривої BK1 до ЦСП № 2 збільшується на величину

$$\Delta l = \frac{e + e_{\text{пр}} - e_1}{\sin \beta}. \quad (5.11)$$

За координатами ЦСП № 1 (x_1, y_1) визначаються (за схемою на рис. 5.2) координати інших переводів та вершин кутів повороту:

$$\begin{aligned}
x_{BK1} &= x_1 + (b' + T) \cos \alpha; & y_{BK1} &= y_1 + (b' + T) \sin \alpha; \\
x_2 &= x_{BK1} + (T + a') \cos \beta; & y_2 &= y_{BK1} + (T + a') \sin \beta; \\
x_{BK2} &= x_2 + (b' + T) \cos(\beta - \alpha); & y_{BK2} &= y_2 + (b' + T) \sin(\beta - \alpha); \\
x_3 &= x_2 + L_0 \cos \beta; & y_3 &= y_2 + L_0 \sin \beta; \\
x_{BK3} &= x_3 + (b' + T) \cos(\beta - \alpha); & y_{BK3} &= y_3 + (b' + T) \sin(\beta - \alpha); \\
x_4 &= x_3 + L_0 \cos \beta; & y_4 &= y_3 + L_0 \sin \beta; \\
x_{BK4} &= x_4 + (b' + T) \cos(\beta - \alpha); & y_{BK4} &= y_4 + (b' + T) \sin(\beta - \alpha); \\
x_{BK5} &= x_4 + (b + f_5 + T_5) \cos \beta; & y_{BK5} &= y_4 + (b + f_5 + T_5) \sin \beta.
\end{aligned}$$

Достовірність розрахунків параметрів елементів та координат точок стрілочної вулиці перевіряється за умовою $y_{BK5} = \Sigma e$.

За другим способом розрахунку скороченої стрілочної вулиці величина кута β визначається шляхом складання та розв'язання рівняння проєкцій елементів на вертикальну вісь, що детально розглянуто у п. 3.1 і 3.2. Для скороченої стрілочної вулиці, розрахункова схема якої наведена на рис. 5.5, при заданій величині першої міжколійної відстані e_{np} рівняння проєкцій елементів від ЦСП1 до ВК2 може бути записано за контуром $1AO_1O_2K$:

$$b' \sin \alpha + R \cos \alpha - O_1O_2 \cos(\beta + \varphi) + R = e_{np},$$

звідки

$$\beta = \arccos \left(\frac{b' \sin \alpha + R \cos \alpha + R - e_{np}}{O_1O_2} \right) - \varphi. \quad (5.12)$$

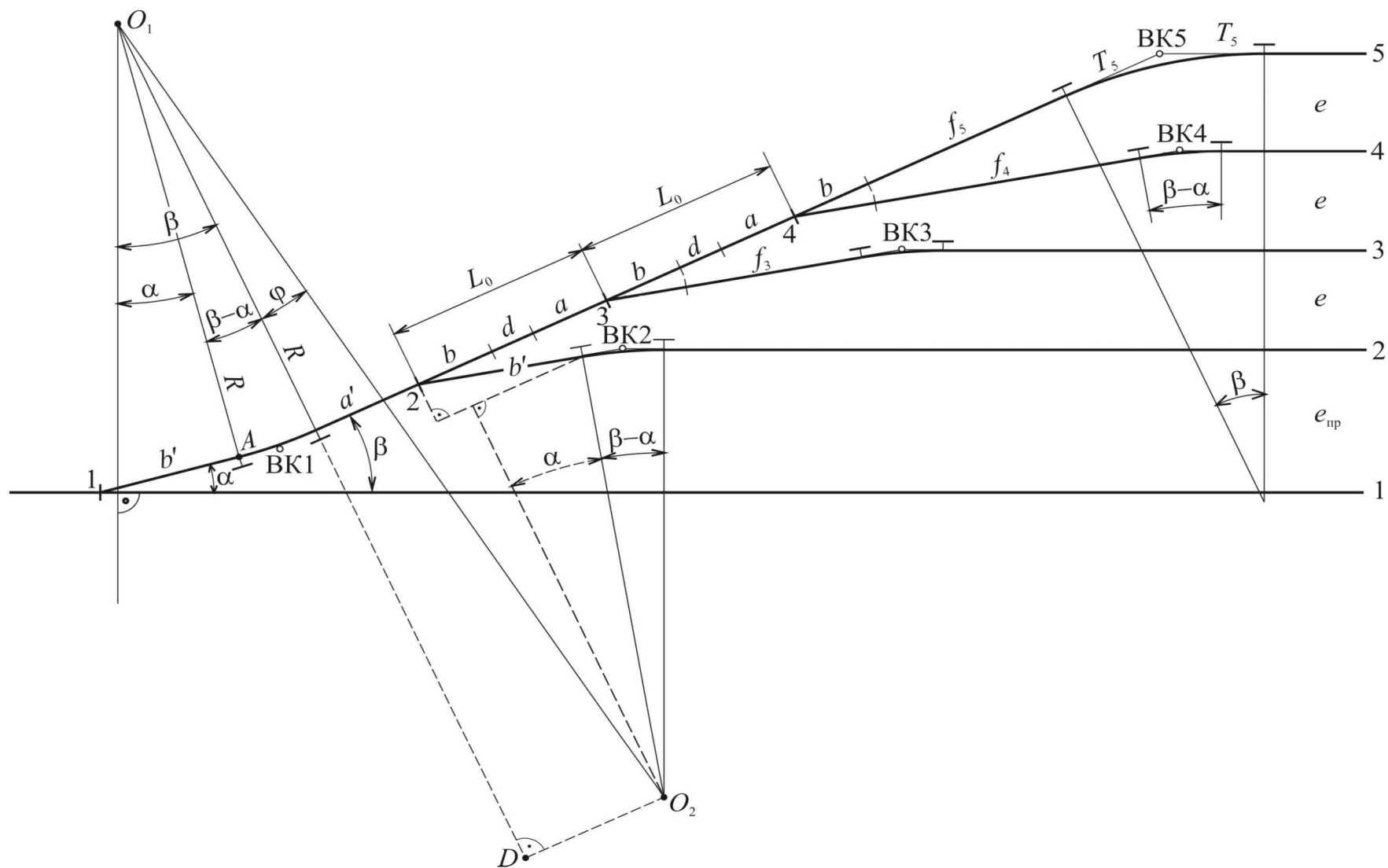


Рис. 5.5. Схема скороченої стрілочної вулиці для розрахунку за способом 2

Довжина відрізка O_1O_2 та величина кута φ визначаються з трикутника O_1DO_2 :

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{O_2D}{O_1D}\right); \quad O_1O_2 = \sqrt{(O_2D)^2 + (O_1D)^2}, \quad (5.13)$$

катети якого O_1D і O_2D розраховуються за наведеною на рис. 5.5 схемою таким чином:

$$O_1D = R + b' \sin \alpha + R \cos \alpha; \quad O_2D = a' + b' \cos \alpha + R \sin \alpha. \quad (5.14)$$

Отримана величина кута β при цьому повинна відповідати умові

$$\beta \leq \arcsin\left(\frac{e}{L_0}\right).$$

У випадках, коли $\beta \leq \arcsin\left(\frac{e}{L_0}\right)$, відстані між стрілочними переводами вулиці доцільно проектувати величиною L_0 , а в кінцевих сполученнях збільшується довжина прямих ділянок $(b + f_i) > b'$. Довжина прямих ділянок f_3, f_4 визначається згідно з наведеною у п. 3.1 методикою.

У випадках, коли $\beta > \arcsin\left(\frac{e}{L_0}\right)$, стрілочну вулицю слід проектувати за результатами розрахунків першим способом.

Скорочена стрілочна вулиця коротша порівняно з простими стрілочними вулицями. Її недолік – незручність виконання маневрової роботи коліями із зворотними кривими. Застосування скороченої стрілочної вулиці доцільне у хвостових горловинах сортувальних парків, на вантажних районах і на промислових підприємствах зі значними міжколійними відстанями.

5.3. Стрілочна вулиця під подвійним кутом хрестовини

Стрілочна вулиця під подвійним кутом хрестовини (2α) має наведену на рис. 5.6 конструкцію. Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3, 4-5, 6-7 мають попутне різностороннє розташування за схемою 5 і необхідна відстань між їх центрами визначається згідно з формулою (2.5):

$$L_0 = a + d + b + U.$$

Суміжні стрілочні переводи 2-4 і 4-5 розташовані за схемою 4, і відстань між ними може бути визначена з допомогою (5.1). Проте, виходячи з умови отримання мінімальної довжини вулиці, розрахунок вказаних відстаней доцільно виконати з урахуванням додаткових умов.

Зі схеми на рис. 5.6 видно, що стрілочні переводи 2-3-4-5 є вершинами паралелограма, у якому $L_p = L_{2-4} = L_{3-5}$. Одночасно L_{3-5} є гіпотенузою трикутника 3-5-А, величина катета 5-А якого дорівнює сумі двох міжколійних відстаней ($L_{5-A} = 2e$), протилежний кут має величину 2α . Таким чином, у стрілочній вулиці під кутом 2α існує додаткова залежність довжини елементів:

$$L_p = L_{2-4} = \frac{2e}{\sin(2\alpha)}, \quad (5.15)$$

за якою слід розраховувати відстані між стрілочними переводами 2-4 і 4-6.

За відомими величинами кутів повороту кривих за формулою (2.6) визначаються їх тангенси: $T_3 = T_5 = T_7 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$; $T_8 = R \operatorname{tg} \alpha$

Довжина прямих ділянок f_3, f_5, f_7 у кінцевих сполученнях між стрілочними переводами та початком кривих на коліях № 3, 5, 7 визначається за формулою (3.2). Довжину ділянки f_8 на колії № 8 можна знайти з рівняння проекцій елементів стрілочної вулиці від її основи до ВК8 за формулою (3.7). У нашому випадку довжину ділянки f_8 можна розрахувати простішим способом – виходячи з контуру 7-6-ВК8. Проекція цього контуру на вертикальну вісь дорівнює двом міжколійним відстаням і може бути записана таким чином: $(b + f_8 + T_8) \sin 2\alpha = 2e + L_{6-7} \sin \alpha$, звідки $f_8 = \frac{2e + L_0 \sin \alpha}{\sin 2\alpha} - (b + T_8)$.

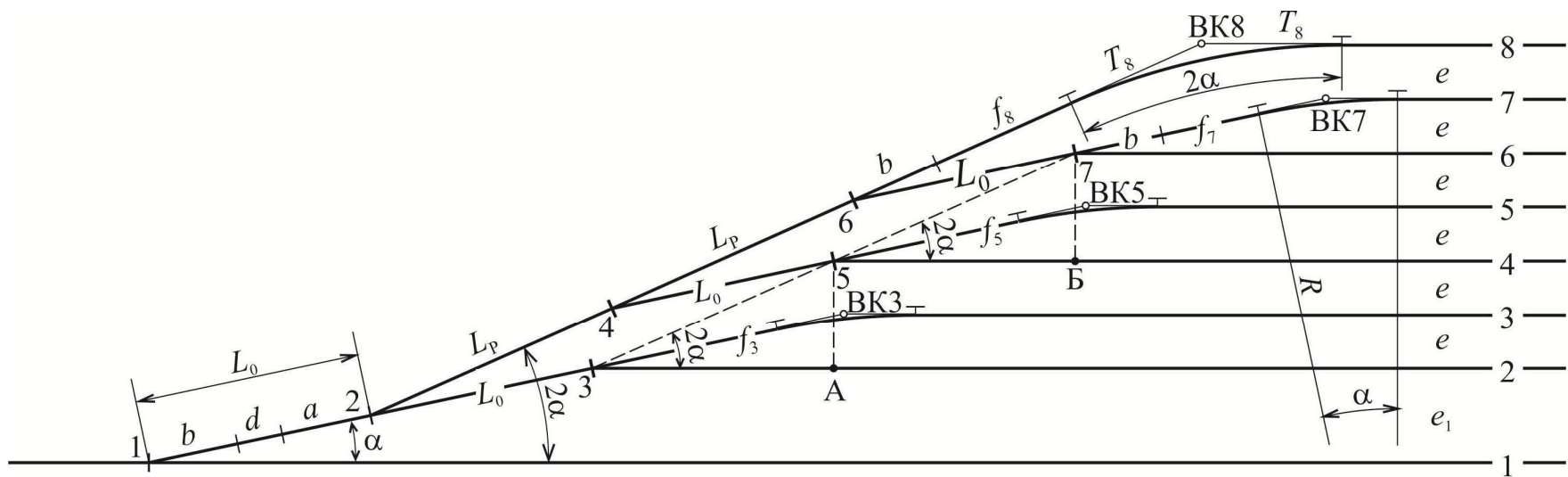


Рис. 5.6. Стрілочна вулиця під подвійним кутом хрестовини

Довжина кожної з прямих ділянок f повинна відповідати умовам взаємного розташування стрілочних переходів і кривих.

Величина міжколійної відстані e_1 між коліями № 1 і № 2 є розрахунковою і визначається як сума проекцій на вертикальну вісь елементів від ЦСП1 до ЦСП1:

$$e_1 = 2L_0 \sin \alpha. \quad (5.16)$$

У випадку, коли отримана величина e_1 не відповідає потрібній, необхідно виконати коригування конструкції стрілочної вулиці.

Якщо розрахована відстань e_1 менше за потрібну $e_{\text{пр}}$ ($e_1 < e_{\text{пр}}$), то для забезпечення останньої пряма ділянка колії між суміжними стрілочними переходами № 1 і № 2 збільшується (див. рис. 5.7, а) на величину

$$\Delta l = \frac{e_{\text{пр}} - e_1}{\sin \alpha}. \quad (5.17)$$

і становить $(L_0 + \Delta l)$. Нове положення колії № 1 показано пунктиром на рис. 5.7, а.

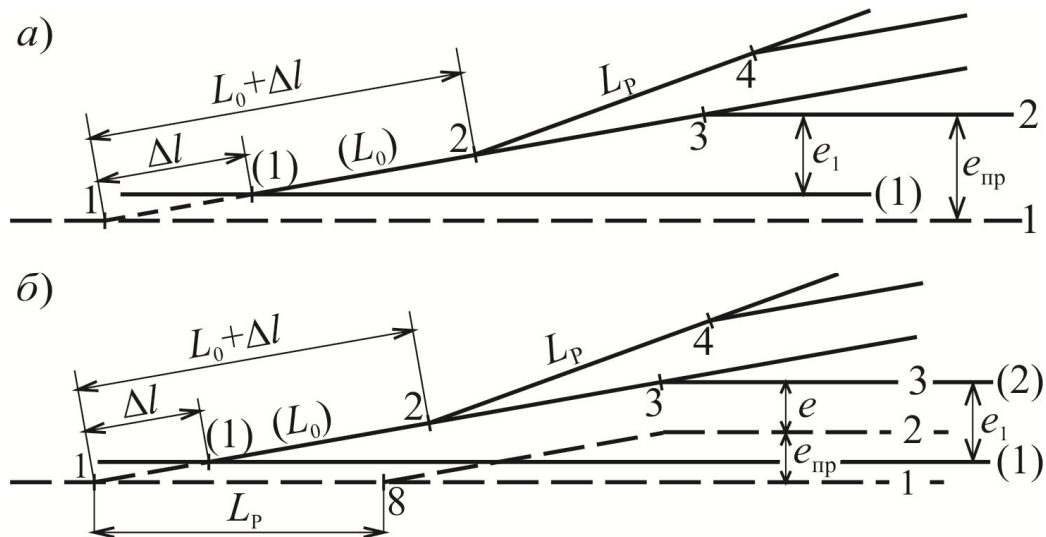


Рис. 5.7. Схеми коригування конструкції стрілочної вулиці під кутом 2α

У випадку, коли ($e_{\text{пр}} < e_1$), примикання колії № 2 здійснюється (див. рис. 5.7, б) стрілочним переходом № 5 до основної колії № 1 на відс-

тані L_0 від ЦСП № 1. Нове положення колій № 1 і № 2 показано пунктиром на рис. 5.7, б. При цьому відстань між суміжними стрілочними переводами № 1 і № 2 збільшується на величину

$$\Delta l = \frac{e + e_{\text{пр}} - e_1}{\sin \alpha}. \quad (5.18)$$

За відомими відстанями між окремими точками стрілочної вулиці L_{i-j} та кутами їх нахилу φ до основної колії (осі X) здійснюються розрахунки координат точок

$$x_j = x_i + L_{i-j} \cos \varphi; \quad y_j = y_i + L_{i-j} \sin \varphi. \quad (5.18)$$

Наприклад, координати ЦСП № 5 на рис. 5.6 визначаються таким чином:

$$x_5 = x_4 + L_0 \cos \alpha; \quad y_5 = y_4 + L_0 \sin \alpha.$$

Ординати вершин кутів повороту кінцевих сполучень колій $y_{\text{вк}}$ повинні дорівнювати сумі міжколійних відстаней Σe від основи вулиці до відповідної колії, що свідчить про достовірність результатів розрахунків параметрів елементів та координат точок стрілочної вулиці.

Перевагою стрілочної вулиці під подвійним кутом хрестовини є скорочення довжини стрілочної зони й маневрових рейсів. Такі стрілочні вулиці застосовуються в горловинах парків з кількістю колій більше 5.

5.4. Віялові стрілочні вулиці

Віялові стрілочні вулиці мають основну колію у вигляді ламаної лінії, напрямом якої змінюється після примикання кожної наступної колії. Існує два види віялових стрілочних вулиць: неконцентричні й концентричні.

Схема неконцентричної віялової стрілочної вулиці наведена на рис. 5.8.

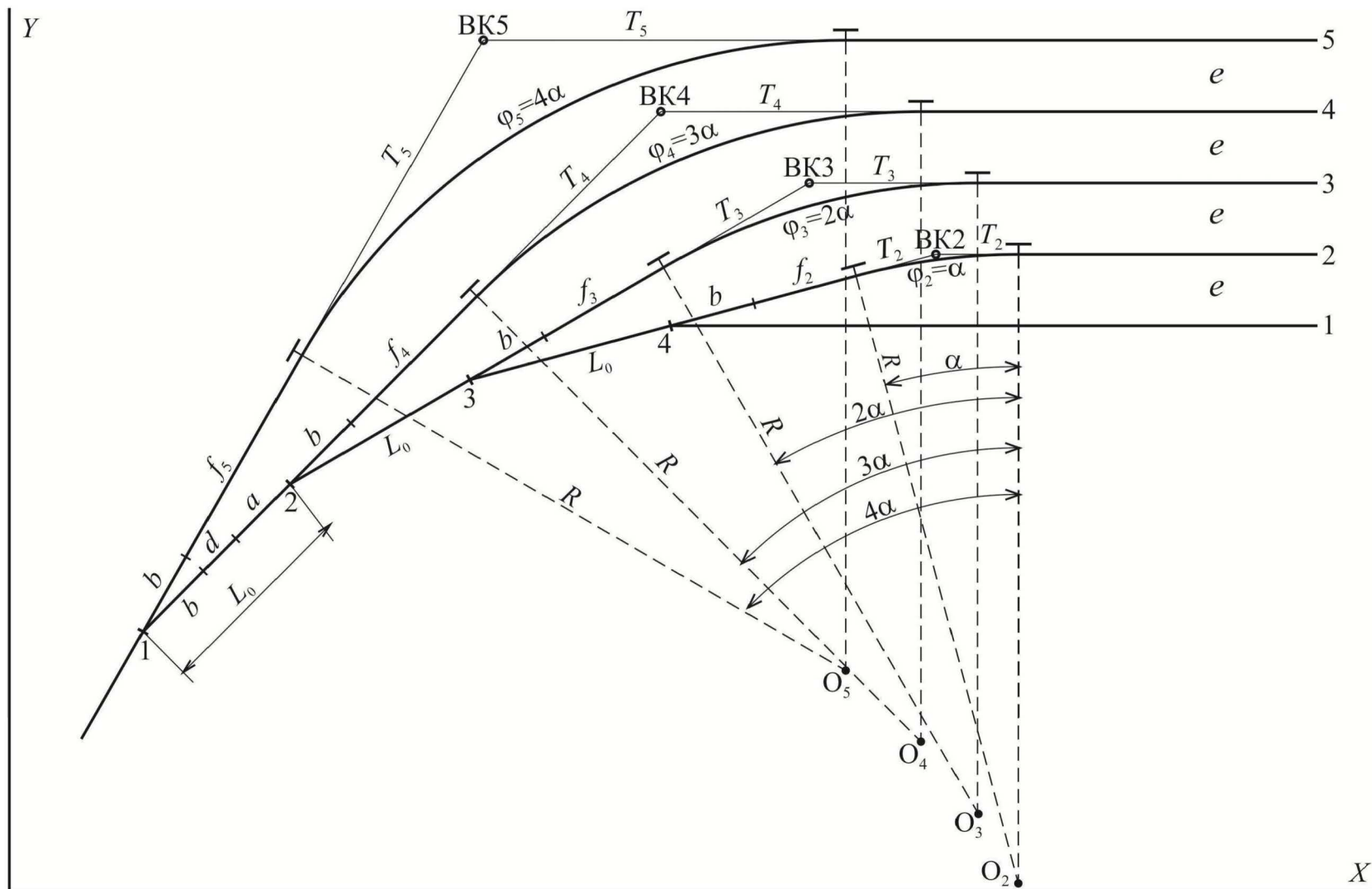


Рис. 5.8. Віялова стрілочна вулиця неконцентрична

Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3 та 3-4 взаємно розташовані попутно різносторонньо за схемою 5, а відстань між їх центрами визначається як $L_0 = a + d + b + U$.

Радіуси кривих R на коліях однакової величини, а кути повороту відрізняються і відповідно дорівнюють:

$$\varphi_2 = \alpha; \quad \varphi_3 = 2\alpha; \quad \varphi_4 = 3\alpha; \quad \varphi_5 = 4\alpha.$$

Тангенси кривих розраховуються за формулою (2.6) з урахуванням величини кута повороту відповідної кривої:

$$T_2 = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad T_3 = R \operatorname{tg} \alpha; \quad T_4 = R \operatorname{tg} \frac{3\alpha}{2}; \quad T_5 = R \operatorname{tg} 2\alpha.$$

Довжина прямих ділянок $f_3..f_5$ в кінцевих сполученнях між стрілочними переводами та початком кривих на відповідних коліях може бути визначена з рівняння проєкцій елементів на вертикальну вісь Y .

Для прикладу рівняння проєкцій для визначення прямої ділянки f_5 має вигляд

$$(b + f_5 + T_5) \sin 4\alpha = L_0 \sin 3\alpha + L_0 \sin 2\alpha + L_0 \sin \alpha + 4e,$$

звідки

$$f_5 = \frac{L_0 \sin 3\alpha + L_0 \sin 2\alpha + L_0 \sin \alpha + 4e}{\sin 4\alpha} - (b + T_5).$$

Аналогічно визначається довжина інших ділянок, кожна з яких повинна відповідати умовам взаємного розташування стрілочних переводів і кривих.

Розрахунок координат точок стрілочної вулиці здійснюється за формулами (5.18) за відомими довжиною кожного елемента та кута його нахилу до основної колії (осі X).

При укладанні неконцентричної віялової стрілочної вулиці з постійним радіусом кривих в зоні кривих дещо поширюються міжколійні відстані, викликаючи незначне поширення земляного полотна та збільшення обсягів земляних робіт.

У *концентричних віялових стрілочних вулицях* (рис. 5.9) криві ділянки концентричні (із загальним для усіх кривих центром), тобто радіус кожної наступної колії збільшується на величину e , і криві на коліях закінчуються в одному створі. Якщо на колії № 2 радіус кривої дорівнює $R_2 = R$, то на колії № 3 він становить $R_3 = (R + e)$, на колії № 4 – $R_4 = (R + 2e)$, на колії № 5 – $R_5 = (R + 3e)$. У такому разі міжколійні відстані залишаються постійними навіть у кривих ділянках, що забезпечує мінімальну ширину земляного полотна.

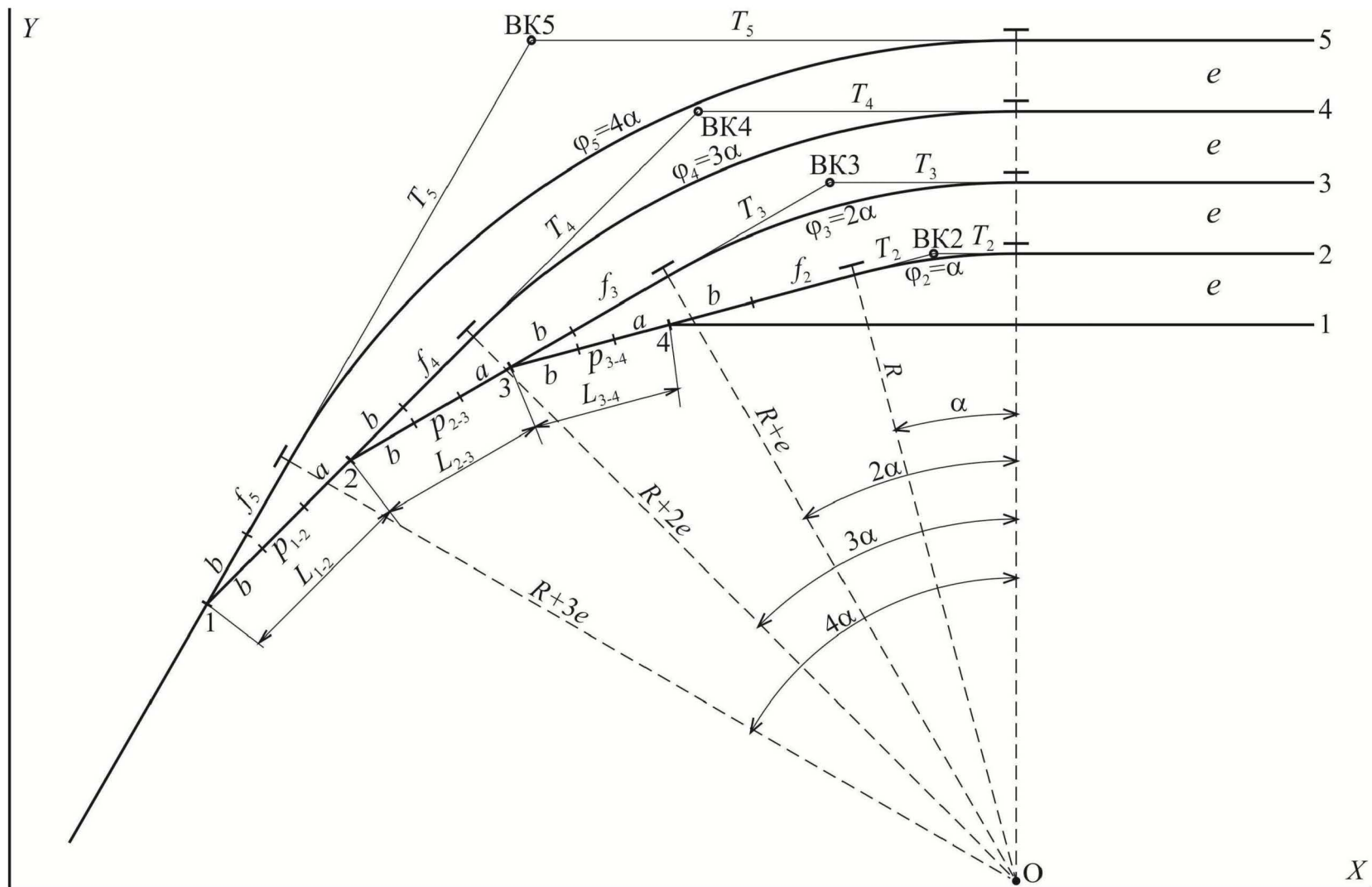


Рис. 5.9. Віялова стрілочна вулиця концентрична

Визначається

$$L_{3-4} = (b + f_3) \cos \alpha + R_3 \sin \alpha - b - f_2. \quad (5.21)$$

Величина f_2 при цьому розраховується як

$$f_2 = \frac{e}{\sin \alpha} - (b + T_2). \quad (5.22)$$

Аналогічно, за формулами (5.20) і (5.21) можуть бути розраховані відстані між іншими суміжними переводами та довжина інших прямих ділянок стрілочної вулиці. При цьому довжина вставок p і прямих ділянок f повинна відповідати чинним нормативам, викладеним у п. 2.1 і 2.4.

Віялові вулиці застосовують у тих випадках, коли з парку потрібно встановити вихід на основну колію, розташовану до парку під кутом, більшим ніж 2α , а також для крайніх пучків парків з великою кількістю колій.

Практичний досвід розрахунків віялових концентричних вулиць показує, що в умовах діючих обмежень щодо радіусів кривих, довжини вставок і прямих ділянок не завжди можливо їх застосувати при певних марках хрестовин стрілочних переводів. З цієї позиції більш універсальними є неконцентричні вулиці.

Для того щоб довжина рейки z від торця хрестовини до початку стикового зазору перед рамною рейкою наступного стрілочного переводу була не меншою, ніж d для схеми 5 укладання суміжних стрілочних переводів, радіус кривої на колії 2 має бути не меншим, ніж $R_{\min}$, при якому відстань L_{3-4} є мінімально допустимою. Але оскільки відповідно до Державнихбудівельних норм [2] криві проектується радіусами, кратними 50 м, то довжини рейок z між торцем хрестовини та початком стикового зазору перед рамною рейкою наступного стрілочного переводу є більшими, ніж d і є розрахунковими. Саме наявність рейок нестандартної довжини є недоліком концентричної віялової стрілочної вулиці.

Приклади розв'язання задач

Задача 5.1. Виконати розрахунок простої стрілочної вулиці на основній колії за наведеною на рис. 5.1 схемою і вихідними даними табл. 5.1. Міжколійні відстані $e'_1 \dots e'_4$ прийняти відповідно до заданих умов проектування.

Таблиця 5.1

Вихідні дані до задачі 5.1

Параметр		Одиниця виміру	Значення параметра
Умови проектування		—	Нормальні
Відстані між осями суміжних колій	e_1	м	5,30
	e_2	м	5,60
	e_3	м	5,30
	e_4	м	6,50
Параметри стрілочних переводів	тип рейок	—	P65
	$1/N$	—	1/9
	a	м	15,223
	b	м	15,812
	k_1	м	8,260
	тип брусів	—	Залізобетонні
Тип шпал	на колії 1	—	Залізобетонні
	на коліях 2-5	—	Дерев'яні
Радіус кривої на колії 2		м	300,0

Розв'язання. За нормальних умов проектування міжколійні відстані $e'_1 \dots e'_4$ приймаються величиною $e'_1 \dots e'_4 = e_n = 5,30$ м. Відстані між центрами суміжних стрілочних переводів визначаються за формулою (5.1):

$$L_{1-2} = L_{2-3} = L_{3-4} = \frac{5,30}{0,110433} = 47,993 \text{ м.}$$

Довжина рейкових вставок між стрілочними переводами розраховується за формулою (5.2)

$$p_{1-2} = p_{2-3} = p_{3-4} = 47,993 - (15,223 + 15,812) = 16,958 \text{ м}$$

і відповідає нормативним вимогам до їх довжини для схеми 4 укладання переводів на приймально-відправних коліях у нормальних умовах проектування $d \geq 12,50$ м (табл. 2.1).

Тангенси кривих на коліях № 2-5 визначаються за формулою (5.4) і дорівнюють

$$T = 300,0 \operatorname{tg} \frac{6^{\circ}20'25''}{2} = 300,0 \cdot 0,055386 = 16,616 \text{ м.}$$

Довжина прямих ділянок колії $f_2 \dots f_5$ між стрілочними переводами та початком кривих на коліях 2-5 визначається за формулою (5.3) і відповідно дорівнює:

$$f_2 = \frac{5,30}{0,110433} - (15,812 + 16,616) = 15,565 \text{ м;}$$

$$f_3 = \frac{5,30 + 5,60}{0,110433} - (15,812 + 16,616) = 66,274 \text{ м;}$$

$$f_4 = \frac{5,30 + 5,60 + 5,30}{0,110433} - (15,812 + 16,616) = 114,267 \text{ м;}$$

$$f_5 = \frac{5,30 + 5,60 + 5,30 + 6,50}{0,110433} - (15,812 + 16,616) = 173,126 \text{ м.}$$

Між стрілочним переводом на залізобетонних брусах і початком кривої на приймально-відправній колії на дерев'яних шпалах згідно з нормами їх взаємного розташування (див. табл. 2.8, схема 4) необхідна пряма ділянка довжиною $f_{\min} = k_1 + k$. Для розширення колії на дерев'яних шпалах в кривих ділянках радіусом $R \geq 300$ м на приймально-відправних коліях у нормальних умовах проектування потрібна пряма ділянка довжиною $k = 8,0$ м (див. табл. 2.6). Таким чином, мінімальна довжина прямої ділянки за хрестовиною стрілочного переходу становить

$$f_{\min} = 8,26 + 8,0 = 16,26 \text{ м.}$$

Отримана величина $f_2 = 15,565$ м не відповідає наведеним нормам.

У цьому випадку можливі такі варіанти вирішення цієї проблеми.

1. Зменшення радіуса кривої R_2 на колії № 2 до величини, за якої буде виконуватись умова $f_2 \geq f_{\min}$.

2. Застосування важких умов проектування, при яких можливе зменшення довжини прямої ділянки k до величини $k = 5,0$ м (див. табл. 2.6). Тоді мінімальна довжина прямої ділянки становить

$$f_{\min} = 8,26 + 5,0 = 13,26 \text{ м},$$

і величина $f_2 = 15,565$ м відповідає умові взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок колії.

За прийнятими координатами ЦСП № 1 $x_1 = 0$; $y_1 = 0$ визначаються координати інших переводів та вершин кутів повороту:

$$x_2 = L_{1-2} = 47,993 \text{ м}; \quad x_3 = x_2 + L_{2-3} = 47,993 + 47,993 = 95,986 \text{ м};$$

$$x_4 = x_3 + L_{3-4} = 95,986 + 47,993 = 143,979 \text{ м};$$

$$x_{\text{БК2}} = x_4 + (b + f_2 + T) \cos \alpha = 143,979 + (15,812 + 15,565 + 16,616) 0,993884 = 191,678 \text{ м};$$

$$x_{\text{БК3}} = x_3 + (b + f_3 + T) \cos \alpha = 95,986 + (15,812 + 66,274 + 16,616) 0,993884 = 194,084 \text{ м};$$

$$x_{\text{БК4}} = x_2 + (b + f_4 + T) \cos \alpha = 47,993 + (15,812 + 114,267 + 16,616) 0,993884 = 193,791 \text{ м};$$

$$x_{\text{БК5}} = x_1 + (b + f_5 + T) \cos \alpha = 0,0 + (15,812 + 173,126 + 16,616) 0,993884 = 204,297 \text{ м};$$

$$y_2 = y_3 = y_4 = y_1 = 0,0 \text{ м};$$

$$y_{\text{БК2}} = y_4 + (b + f_2 + T) \sin \alpha = 0,0 + (15,812 + 15,565 + 16,616) 0,110433 = 5,300 \text{ м};$$

$$y_{\text{БК3}} = y_3 + (b + f_3 + T) \sin \alpha = 0,0 + (15,812 + 66,274 + 16,616) 0,110433 = 10,900 \text{ м};$$

$$y_{\text{БК4}} = y_2 + (b + f_4 + T) \sin \alpha = 0,0 + (15,812 + 114,267 + 16,616) 0,110433 = 16,200 \text{ м};$$

$$y_{\text{БК5}} = y_1 + (b + f_5 + T) \sin \alpha = 0,0 + (15,812 + 173,126 + 16,616) 0,110433 = 22,700 \text{ м}.$$

Отримані величини y_i збігаються із сумою міжколійних відстаней $\sum_{j=1}^i e_j$ від колії № 1 до відповідної i -ї колії, що свідчить про правильність розрахунків вставок f_i .

Задача 5.2. Виконати розрахунок (першим способом) скороченої стрілочної вулиці сортувального парку за наведеною на рис. 5.1 схемою і вихідними даними табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Вихідні дані до задачі 5.2

Параметр		Одиниця виміру	Значення параметра
Умови проектування		—	Нормальні
Відстані між осями суміжних колій	e	м	5,30
	$e_{\text{пр}}$	м	7,90
Параметри стрілочних переводів	тип рейок	-	P65
	$1/N$	-	1/9
	a	м	15,223
	b	м	15,812
	k_1	м	8,260
	тип брусів	—	Дерев'яні
Тип шпал на коліях		—	Дерев'яні
Радіуси кривих		м	200,0

Розв'язання. Мінімальна конструкційна вставка, передбачена для схеми № 5 взаємного розміщення стрілочних переводів у нормальних умовах проектування, за даними табл. 2.1 становить $d_{\min} = 4,50$ м. Мінімальна відстань між центрами стрілочних переводів за вказаною схемою їх розташування визначається за формулою (5.5) і дорівнює

$$L_0 = 15,223 + 4,50 + 15,812 + 0,008 = 35,543 \text{ м.}$$

Довжина ділянки відводу розширення колії на дерев'яних шпалах у кривій радіусом $R = 200$ м за табл. 2.6 становить для «інших» колій $k = 7,0$ м. Найменша довжина прямих ділянок до початку кривих дорівнює:

- перед рамними рейками $a' = a + k = 15,223 + 4,50 = 19,723$ м;
- за хрестовиною $b' = b + \max(k; k_1) = 15,812 + \max(7,0; 8,260) = 24,072$ м.

Максимальна величина кута β нахилу стрілочної вулиці до основ-

ної колії визначається за формулою (5.6) і становить

$$\beta = \arcsin \frac{5,3}{35,543} = 8^{\circ}34'32''.$$

За встановленою величиною β визначаються кути повороту інших кривих:

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4 = \beta - \alpha = 8^{\circ}34'32'' - 6^{\circ}20'25'' = 2^{\circ}14'07''; \varphi_5 = \beta = 8^{\circ}34'32'',$$

і за формулами (5.7) – їх тангенси:

$$T = 200 \operatorname{tg} \frac{8^{\circ}34'32'' - 6^{\circ}20'25''}{2} = 3,902 \text{ м};$$

$$T_5 = 200 \operatorname{tg} \frac{8^{\circ}34'32''}{2} = 14,995 \text{ м}.$$

За формулою (5.8) визначається довжина прямої ділянки f_5 :

$$f_5 = \frac{5,30 + (24,072 + 3,902) \sin(8^{\circ}34'32'' - 6^{\circ}20'25'')}{\sin 8^{\circ}34'32''} - (15,812 + 14,995) = 12,053 \text{ м}.$$

Довжина прямої ділянки колії f_5 перевищує нормативні величини $(k; k_1)$, тобто відповідає умовам взаємного розміщення стрілочних переводів і кривих ділянок.

За формулою (5.9) визначається величина міжколійної відстані e_1 між коліями № 1 і № 2

$$e_1 = (24,072 + 3,902) \sin 6^{\circ}20'25'' + (3,902 + 19,723) \sin 8^{\circ}34'32'' + \\ + (24,072 + 3,902) \sin(8^{\circ}34'32'' - 6^{\circ}20'25'') = 7,703 \text{ м}.$$

Потрібна міжколійна відстань між коліями 1 і 2 $e_{\text{пр}} = 7,90 \text{ м}$ перевищує розрахункову, тому для її забезпечення відстань від кінця кривої ВК1 до ЦСП № 2 збільшується (див. рис. 5.4, а) згідно з (5.10) на величину

$$\Delta l = \frac{7,90 - 7,703}{\sin 8^\circ 34' 32''} = 1,320 \text{ м}$$

і становить $(a' + \Delta l) = 19,723 + 1,320 = 21,043 \text{ м}$.

Координати точок стрілочної вулиці розраховуються за наведеними у п. 5.3 формулами й тут не вказуються.

Задача 5.3. Виконати розрахунок (другим способом) скороченої стрілочної вулиці сортувального парку за наведеною на рис. 5.5 схемою і вихідними даними задачі 5.2 (див.табл. 5.2).

Розв'язання. За результатами розв'язання задачі 5.2 приймаємо мінімальні величини:

- відстані між центрами стрілочних переводів $L_0 = 35,543 \text{ м}$;
- прямої ділянки перед рамними рейками переводів $a' = 19,723 \text{ м}$;
- прямої ділянки за хрестовиною переводів $b' = 24,072 \text{ м}$.

Визначаються параметри трикутника O_1DO_2 (див. рис. 5.5):

- довжини катетів за формулами (5.14)

$$O_1D = 200 + 24,072 \sin 6^\circ 20' 25'' + 200 \cos 6^\circ 20' 25'' = 409,138 \text{ м};$$

$$O_2D = 19,723 + 24,072 \cos 6^\circ 20' 25'' + 200 \sin 6^\circ 20' 25'' = 65,734 \text{ м};$$

- довжина гіпотенузи за формулою (5.13)

$$O_1O_2 = \sqrt{409,138^2 + 65,734^2} = 414,385 \text{ м}$$

- величина кута φ за формулою (5.13)

$$\varphi = \arctg\left(\frac{65,734}{409,138}\right) = 9^\circ 7' 39''.$$

Максимальний кут нахилу стрілочної вулиці до основної колії обчислюється за формулою (5.12)

$$\beta = \arccos\left(\frac{24,072 \sin 6^\circ 20' 25'' + 200 \cos 6^\circ 20' 25'' + 200 - 7,90}{414,385}\right) - 9^\circ 7' 39'' = 9^\circ 7' 30''.$$

Максимальний кут нахилу вулиці за умови вписування ділянки L_0 у міжколійну відстань $e = 5,30$ м за формулою (5.6) становить

$$\beta_{\max} = \arcsin \frac{5,3}{35,543} = 8^{\circ}34'32''.$$

Розрахована величина кута $\beta = 9^{\circ}7'30''$ перевищує $\beta_{\max}$. Отже скорочену стрілочну вулицю для заданих умов слід проектувати тільки за результатами розрахунків першим способом.

Задача 5.4. Для стрілочної вулиці під кутом 2α за наведеною на рис. 5.6 схемою виконати розрахунки відстаней та довжини рейкових вставок між усіма суміжними стрілочними переводами за такими вихідними даними: колії приймально-відправні, стрілочні переводи марки 1/9 з рейок типу Р50 за проектом 2498, міжколійні відстані $e = 5,30$ м, нормальні умови проектування.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів: $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^{\circ}20'25''$.

Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3, 4-5, 6-7 розташовані за схемою 5 (табл. 2.1) і для заданих умов між ними передбачається пряма рейкова вставка довжиною $d = 6,25$ м. Відстань між ЦСП для даної схеми укладання визначається за (2.5):

$$L_0 = b + d + a + U = 15,602 + 6,25 + 15,455 + 0,008 = 37,315 \text{ м}.$$

За умов проектування стрілочної вулиці під кутом 2α відстані між суміжними переводами 2-4 і 4-6 визначаються за формулою (5.15):

$$L_p = L_{2-4} = L_{4-6} = \frac{2e}{\sin(2\alpha)} = \frac{2 \cdot 5,30}{\sin(12^{\circ}40'50'')} = 48,288 \text{ м}.$$

Довжина рейкових вставок між стрілочними переводами 2-4 і 4-6 повинна мати довжину

$$p = L_p - (b + a + U) = 48,288 - (15,602 + 15,455 + 0,008) = 17,223 \text{ м},$$

що відповідає нормативам, передбаченим для схеми 4 взаємного розташування стрілочних переводів ($d_{\min} = 12,50$ м).

При цьому міжколійна відстань у межах ділянок колій 2-4 і 4-6 становить

$$e_p = L_p \sin \alpha = 48,288 \sin 6^\circ 20' 25'' = 5,333 \text{ M},$$

і не може бути змінена, оскільки це викличе зміну відстані L_p . Як впливає з рис. 5.11, збільшення відстані L_p приводить до зменшення відстані 4'-5', що недопустимо, а зменшення L_p викликає збільшення відстані 4"-5", що є недоцільним, оскільки подовжує горловину й зменшує довжину колій № 4 і № 5.

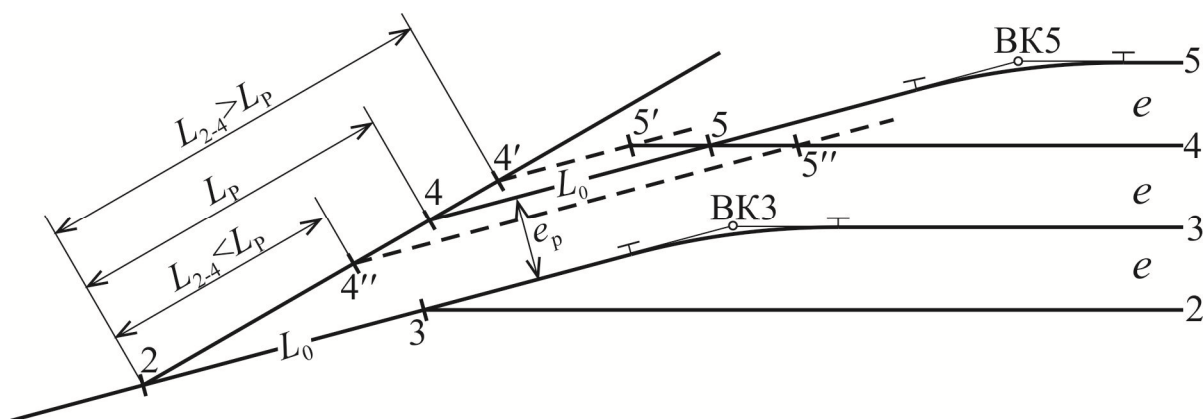


Рис. 5.11. Наслідки зміни відстані L_p

Таким чином, розрахована за (5.15) відстань $L_p = 48,288$ м є оптимальною для стрілочної вулиці під кутом 2α .

Задача 5.5. Для віялової неконцентричної стрілочної вулиці, наведеної на рис. 5.8, виконати розрахунки всіх елементів кінцевих сполучень колій та координат усіх точок вулиці відносно ЦСП № 1. Вихідні дані: колії сортувальні, стрілочні переводи марки 1/9 з рейок типу Р50 за проектом 2498, міжколійні відстані $e = 5,30$ м, радіуси кривих $R = 200,0$ м, нормальні умови проектування.

Розв'язання. За даними табл. 1.1 визначаємо параметри стрілочних переводів: $a = 15,455$ м, $b = 15,602$ м, $\alpha = 6^{\circ}20'25''$.

Суміжні стрілочні переводи 1-2, 2-3, 4-5, 6-7 розташовані за схемою 5 (див. табл. 2.1) і для заданих умов між ними передбачається пряма рейкова вставка довжиною $d = 6,25$ м. Відстань між ЦСП для цієї схеми укладання визначається за (2.5):

$$L_0 = b + d + a + U = 15,602 + 6,25 + 15,455 + 0,008 = 37,315 \text{ м.}$$

Згідно з наведеною на рис. 5.8 схемою, кути повороту кривих відповідно становлять

$$\varphi_2 = \alpha = 6^\circ 20' 25''; \quad \varphi_3 = 2\alpha = 12^\circ 40' 50''; \quad \varphi_4 = 3\alpha = 19^\circ 1' 15''; \quad \varphi_5 = 4\alpha = 25^\circ 21' 40'',$$

а її тангенси дорівнюють

$$T_2 = 200 \operatorname{tg} \frac{6^\circ 20' 25''}{2} = 11,077 \text{ м}; \quad T_3 = 200 \operatorname{tg} \frac{12^\circ 40' 50''}{2} = 22,223 \text{ м};$$

$$T_4 = 200 \operatorname{tg} \frac{19^\circ 1' 15''}{2} = 33,506 \text{ м}; \quad T_5 = 200 \operatorname{tg} \frac{25^\circ 21' 40''}{2} = 45,001 \text{ м.}$$

Для розрахунку довжини ділянки f_5 складають рівняння проєкцій елементів кінцевого сполучення колії № 5 на вертикальну вісь:

$$(b + f_5 + T_5) \sin \varphi_5 = L_0 \sin(3\alpha) + L_0 \sin(2\alpha) + L_0 \sin(\alpha) + 4e,$$

звідки виражається величина f_5

$$f_5 = \frac{L_0 \sin(3\alpha) + L_0 \sin(2\alpha) + L_0 \sin(\alpha) + 4e}{\sin \varphi_5} - (b + T_5)$$

та здійснюється її розрахунок

$$f_5 = \frac{37,315 \sin(19^\circ 1' 15'') + 37,315 \sin(12^\circ 40' 50'') + 37,315 \sin(6^\circ 20' 25'') + 4 \cdot 5,30}{\sin(25^\circ 21' 40'')} -$$

$$- (15,602 + 45,001) = 46,030 \text{ м.}$$

Аналогічно визначається довжина прямих ділянок інших кінцевих сполучень:

$$f_4 = \frac{L_0 \sin(2\alpha) + L_0 \sin(\alpha) + 3e}{\sin \varphi_4} - (b + T_4) =$$

$$= \frac{37,315 \sin 12^\circ 40' 50'' + 37,315 \sin 6^\circ 20' 25'' + 3 \cdot 5,30}{\sin(19^\circ 1' 15'')} - (15,602 + 33,506) = 37,455 \text{ м};$$

$$f_3 = \frac{L_0 \sin(\alpha) + 2e}{\sin \varphi_3} - (b + T_3) =$$

$$= \frac{37,315 \sin(6^\circ 20' 25'') + 2 \cdot 5,30}{\sin(12^\circ 40' 50'')} - (15,602 + 22,223) = 29,236 \text{ м};$$

$$f_2 = \frac{e}{\sin \varphi_2} - (b + T_2) = \frac{5,30}{\sin(6^\circ 20' 25'')} - (15,602 + 11,077) = 21,314 \text{ м};$$

Довжина всіх прямих ділянок відповідає вимогам щодо улаштування кривих після стрілочних переводів.

За визначеними параметрами елементів стрілочної вулиці здійснюються розрахунки координат (відносно ЦСП № 1 з $x_1 = 0$; $y_1 = 0$):

– центрів стрілочних переводів

$$x_2 = x_1 + L_0 \cos(3\alpha) = 0 + 37,315 \cos(19^\circ 1' 15'') = 35,278 \text{ м};$$

$$y_2 = y_1 + L_0 \sin(3\alpha) = 0 + 37,315 \sin(19^\circ 1' 15'') = 12,161 \text{ м};$$

$$x_3 = x_2 + L_0 \cos(2\alpha) = 35,278 + 37,315 \cos(12^\circ 40' 50'') = 71,683 \text{ м};$$

$$y_3 = y_2 + L_0 \sin(2\alpha) = 12,161 + 37,315 \sin(12^\circ 40' 50'') = 20,352 \text{ м};$$

$$x_4 = x_3 + L_0 \cos(\alpha) = 71,683 + 37,315 \cos(6^\circ 20' 25'') = 108,770 \text{ м};$$

$$y_4 = y_3 + L_0 \sin(\alpha) = 20,352 + 37,315 \sin(6^\circ 20' 25'') = 24,473 \text{ м};$$

– вершин кутів повороту

$$x_{BK2} = x_4 + (b + f_2 + T_2) \cos(\alpha) = 108,770 + (15,602 + 21,314 + 11,077) \cos(6^\circ 20' 25'') = 156,469 \text{ м};$$

$$y_{BK2} = y_4 + (b + f_2 + T_2) \sin(\alpha) = 24,473 + (15,602 + 21,314 + 11,077) \sin(6^\circ 20' 25'') = 29,773 \text{ м};$$

$$x_{BK3} = x_3 + (d + f_3 + T_3) \cos(2\alpha) = 71,683 + (15,602 + 29,236 + 22,223) \cos(12^\circ 40' 50'') = 137,108 \text{ м};$$

$$y_{BK3} = y_3 + (d + f_3 + T_3) \sin(2\alpha) = 20,352 + (15,602 + 29,236 + 22,223) \sin(12^\circ 40' 50'') = 35,073 \text{ м};$$

$$x_{BK4} = x_2 + (d + f_4 + T_4) \cos(3\alpha) = 35,278 + (15,602 + 37,455 + 33,506) \cos(19^\circ 1' 15'') = 117,115 \text{ м};$$

$$y_{BK4} = y_2 + (d + f_4 + T_4) \sin(3\alpha) = 12,161 + (15,602 + 37,455 + 33,506) \sin(19^\circ 1' 15'') = 40,373 \text{ м};$$

$$x_{BK5} = x_1 + (d + f_5 + T_5) \cos(4\alpha) = 0 + (15,602 + 46,030 + 45,001) \cos(25^\circ 21' 40'') = 96,356 \text{ м};$$

$$y_{BK5} = y_1 + (d + f_5 + T_5) \sin(4\alpha) = 0 + (15,602 + 46,030 + 45,001) \sin(25^\circ 21' 40'') = 45,673 \text{ м}.$$

Різниця ординат вершин кутів повороту на суміжних коліях точно дорівнює міжколійній відстані, що свідчить про правильність виконаних розрахунків.

Задача 5.6. Перевірити можливість проектування віялової концентричної стрілочної вулиці за наведеною на рис. 5.9 схемою і вихідними даними до задачі 5.5.

Розв'язання. Згідно з вихідними даними та умовами проектування визначаємо:

– параметри стрілочних переводів:

$$a = 15,455 \text{ м}, b = 15,602 \text{ м}, \alpha = 6^\circ 20' 25'';$$

– радіуси кривих на коліях

$$R_2 = 200,0 \text{ м}; R_3 = 205,3 \text{ м}; R_4 = 210,6 \text{ м}; R_5 = 215,9 \text{ м};$$

– кути повороту кривих

$$\varphi_2 = \alpha = 6^\circ 20' 25''; \varphi_3 = 2\alpha = 12^\circ 40' 50''; \varphi_4 = 3\alpha = 19^\circ 1' 15''; \varphi_5 = 4\alpha = 25^\circ 21' 40'',$$

– тангенси кривих

$$T_2 = 200 \operatorname{tg} \frac{6^\circ 20' 25''}{2} = 11,077 \text{ м}; T_3 = 205,3 \operatorname{tg} \frac{12^\circ 40' 50''}{2} = 22,811 \text{ м};$$

$$T_4 = 210,6 \operatorname{tg} \frac{19^\circ 1' 15''}{2} = 35,282 \text{ м}; T_5 = 215,9 \operatorname{tg} \frac{25^\circ 21' 40''}{2} = 48,578 \text{ м}.$$

За формулою (5.22) визначається довжина прямої ділянки f_2 :

$$f_2 = \frac{e}{\sin \varphi_2} - (b + T_2) = \frac{5,30}{\sin 6^\circ 20' 25''} - (15,602 + 11,077) = 21,314 \text{ м}.$$

За формулою (5.20), що впливає з рис. 5.10, визначається довжина прямої ділянки f_3 :

$$f_3 = \frac{e + R_3 \cos \alpha - R_3}{\sin \alpha} - b = \frac{5,30 + 205,3 \cos 6^\circ 20' 25'' - 205,3}{\sin 6^\circ 20' 25''} - 15,602 = 21,021 \text{ м.}$$

Потрібна відстань між стрілочними переводами 3-4 визначається за формулою (5.21) і становить:

$$L_{3-4} = (b + f_3) \cos \alpha + R_3 \sin \alpha - b - f_2 = \\ = (15,602 + 21,021) \cos 6^\circ 20' 25'' + 205,3 \sin 6^\circ 20' 25'' - 15,602 - 21,314 = 22,155 \text{ м.}$$

Довжина рейкової рубки між переводами 3-4 дорівнює

$$p_{3-4} = L_{3-4} - (a + b) = 22,155 - (15,455 + 15,602) = -8,902 \text{ м.}$$

Отримана від'ємна величина рейкової рубки $p_{3-4} = -8,902 \text{ м}$ свідчить про те, що за наведених вихідних даних застосування концентричної стрілочної вулиці неможливе.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть поняття терміна «стрілочна вулиця».
2. Наведіть принципову схему стрілочної вулиці: під кутом α , на основній колії, скороченої, віялової концентричної та неконцентричної.
3. Поясніть відмінності, переваги та недоліки стрілочних вулиць під кутом α і на основній колії.
4. Сформулюйте принципи та наведіть вирази для розрахунку кута нахилу скорочених стрілочних вулиць.
5. Наведіть вирази для розрахунку відстані між суміжними стрілочними переводами стрілочних вулиць різних типів.
6. Поясніть принцип визначення величини кута повороту кривих кінцевих сполучень колій у стрілочних вулицях різних типів.
7. Наведіть вирази для розрахунку довжини прямих ділянок колій після стрілочних переводів у кінцевих сполученнях колій стрілочних вулиць різних типів.
8. Наведіть вирази для розрахунку координат ЦСП та ВК у стрілочних вулицях різних типів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] / Міністерство транспорту України. – Київ, 2003. – 234 с.
2. ДБН В.2.3-19-2008 Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. [Текст] / Мін-во регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2008. – 123 с.
3. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР. ВСН 56-78. [Текст] / Минтрансстрой СССР, МПС СССР. – Москва : Транспорт, 1978. – 175 с.
4. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0269 [Текст] : затв.: наказ УЗ 01.03.2012. № 072-Ц / Мін-во інфраструктури України. – Київ : Транспорт України, 2012. – 456 с.
5. Проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст] : справ. и метод. руководство / под ред. А. М. Козлова, К. Г. Гусевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1981. – 592 с.

ЗМІСТ

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ.....	3
ВСТУП.....	6
1. СТРІЛОЧНІ ПЕРЕВОДИ	7
1.1. Різновиди стрілочних переводів	7
1.2. Основні елементи та параметри стрілочних переводів.....	8
1.3. Глухі пересічення та башмакоскидачі	14
1.4. Умови використання стрілочних переводів	17
2. ВЗАЄМНЕ РОЗТАШУВАННЯ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ МІЖ СОБОЮ ТА КРИВИМИ ДІЛЯНКАМИ КОЛІЙ.....	19
2.1. Норми взаємного розташування стрілочних переводів	19
2.2. Відстані між стрілочними переводами	21
2.3. Різновиди кривих ділянок та їх параметри.....	22
2.4. Норми взаємного розташування стрілочних переводів і кривих ділянок колій	31
3. З'ЄДНАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ.....	42
3.1. Кінцеві сполучення колій	42
3.2. З'їзди між суміжними коліями.....	46
4. СПЛЕТЕННЯ ТА СУМІЩЕННЯ КОЛІЙ	72
4.1. Улаштування та розрахунок сплетення колій	72
4.2. Улаштування та розрахунок суміщення колій	76
5. СТРІЛОЧНІ ВУЛИЦІ.....	80
5.1. Прості стрілочні вулиці.....	80
5.2. Скорочені стрілочні вулиці.....	83
5.3. Стрілочна вулиця під подвійним кутом хрестовини.....	91
5.4. Віялові стрілочні вулиці.....	94
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	112

Навчальне видання

Березовий Микола Іванович

Божко Микола Павлович

Мазуренко Олександр Олександрович

Дорош Андрій Сергійович

Елементи колійного розвитку: приклади та задачі

Навчальний посібник для студентів ВНЗ

Редактор *О. О. Котова*

Комп'ютерна верстка і дизайн автора

Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$. Ум. друк. арк. 6,51. Обл.-вид. арк. 6,57.

Тираж 300 пр. Зам. № ____.

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003



МИКОЛА ІВАНОВИЧ БЕРЕЗОВИЙ

Науковий ступінь: к.т.н. за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту».

Вчене звання: доцент кафедри станцій та вузлів.

Публікації: більше 70 наукових праць, серед яких 1 монографія та понад 30 статей у фахових виданнях.

Коло наукових інтересів: удосконалення взаємодії магістрального залізничного та промислового транспорту, розробка ефективних технологій вантажних залізничних перевезень в умовах реформування залізничної галузі, розробка імітаційних тренажерів для підготовки оперативно-диспетчерського персоналу залізниць, паспортизація під'їзних колій промислових підприємств, розробка технічної та нормативної документації для Укрзалізниці.



МИКОЛА ПАВЛОВИЧ БОЖКО

Публікації: більше 100 наукових праць, серед яких 2 монографії та понад 30 статей у фахових виданнях.

Коло наукових інтересів: процес поїздоутворення на технічних станціях, розробка технічної та нормативної документації для Укрзалізниці, удосконалення конструкції сортувальних гірок та технології розформування составів, удосконалення техніко-технологічних параметрів та систем керування залізничних станцій.



ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ МАЗУРЕНКО

Науковий ступінь: к.т.н. за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи».

Вчене звання: доцент кафедри станцій та вузлів.

Публікації: більше 70 наукових праць, серед яких понад 20 статей у фахових виданнях.

Коло наукових інтересів: організація вагонопотоків та оперативне керування процесом поїздоутворення, план формування поїздів та процес поїздоутворення на технічних станціях, удосконалення технології роботи технічних станцій, міжнародні транспортні коридори.



АНДРІЙ СЕРГІЙОВИЧ ДОРОШ

Науковий ступінь: к.т.н. за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту».

Публікації: більше 30 наукових праць, серед яких 1 монографія.

Коло наукових інтересів: інформаційно-керуючі системи забезпечення перевізного процесу на залізничному транспорті, системи автоматизації процесу розформування составів на сортувальних гірках, автоматизація проектування колійного розвитку залізничних станцій, паспортизація під'їзних колій промислових підприємств.