Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
(назва факультету)

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
ОС «магістр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: **ЗАСТОСУВАННЯ КОЛІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОНСТРУКЦІЇ В УКРАЇНІ**

за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство»
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: КГ2321

(підпис студента) / Данило ПЕТРАШ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: (підпис) / доц. Максим АРБУЗОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: (підпис) / доц. Максим АРБУЗОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (підпис)

Дніпро – 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Building, architecture and infrastructure
(faculty)

Transport infrastructure
(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
Master
(higher education degree)

on the topic: **APPLICATION OF THE EUROPEAN RAILROAD TRACK IN UKRAINE**

according to educational curriculum Railway constructions and track management

in the Specialization: 273 Railway Transport
(Specialization and its code)

Done by the student of the group: KG2321 / Danylo PETRASH/
(name, surname)

Scientific Supervisor: / docent Maxim ARBUZOV/
(position, name, surname)

Normative controller: / docent Maxim ARBUZOV/
(position, name, surname)

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
Кафедра: «Транспортна інфраструктура»
Рівень вищої освіти: «Магістр»
Освітня програма: «Залізничні споруди та колійне господарство»
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«Транспортна інфраструктура»

_____ Олексій ТЮТЬКІН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу ОС «магістр»
(ступінь вищої освіти)

студенту Петраш Данило Олександрович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Застосування колії європейської конструкції в Україні»

Керівник роботи: Арбузов Максим Анатолійович, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «16» лютого 2024 р. № 157
2. Строк подання студентом роботи: «6» січня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: проблематика залізниць України
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
Вступ. Розділ 1. Аналіз технічних характеристик ділянки колії. Розділ 2. Проблеми інтеграції європейських стандартів залізничної колії. Розділ 3. Стрілочні переводи на суміщеній колії. Розділ 4. Вдосконалення конструкції суміщеної колії. Розділ 5. Універсальний спосіб вкладення стрілочного переводу в суміщеній колії.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, 10…12 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
1, 2, 3, 4, 5	Арбузов М.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз технічних характеристик ділянки колії.	01.09.2024-10.09.2024	
2	Розділ 2. Проблеми інтеграції європейських стандартів залізничної колії	15.09.2024-01.10.2024	
3	Розділ 3. Стрілочні переводи на суміщеній колії	10.10.2024-28.10.2024	
4	Розділ 4. Вдосконалення конструкції суміщеної колії	08.11.2024-05.12.2024	
5	Розділ 5. Універсальний спосіб вкладення стрілочного переводу в суміщеній колії.	09.12.2024-06.01.2025	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	10.01.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент _____ Данило Петраш
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Максим АРБУЗОВ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

60 стор., 37 рис., 5 табл., 14 літературних джерел.

Об’єкт розробки – європейська колія на залізницях України.

Мета роботи – **застосування колії європейської конструкції в Україні** для покращення взаємної роботи між Україною та західними партнерами.

Метод дослідження – метод базується на аналізі фактичних даних, отриманих із реальних операцій залізниці, з подальшим проведенням статистичних розрахунків. Основою роботи стало визначення конкретної проблеми в існуючій системі, її детальне обґрунтування, пропозиція варіанту вирішення та виконання відповідних розрахунків. Для підкріплення запропонованих рішень було виконано економічне обґрунтування ефективності впровадження.

У магістерській роботі розглядається проблема використання суміщеної колії європейського та українського стандарту із використанням чотирьох ниткової колії. Розглянуті можливі рішення проблем, їх економічна сторона. Наведені рекомендації щодо покращення сьогоденної ситуації.

Ключові слова: СУМІЩЕННА КОЛІЯ, ЄВРОПЕЙСЬКА КОЛІЯ, СТРІЛОЧНИЙ ПЕРЕВІД, «ФОССЛОУ».

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДІЛЯНКИ КОЛІЇ 9
1.1 Розбудова залізничної мережі 1435 як інфраструктурна основа інтеграції українських залізниць до європейської транспортної системи 9
1.2 Розвиток контрейлерних перевезень в Україні та досвід перевезень в європейських країнах 11
1.3 Вимоги завтрашньої залізничної транспортної інфраструктури 13
1.4 Стальна залізнична рейка UIC60 14
1.5 Система рейкових скріплень Фоссло (Vossloh) 15
1.6 Особливості напружено-деформованого стану суміщеної залізничної колії 16
2 ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ 18
2.1 Узагальнення проблематики використання європейських технологій залізничного транспорту на території України 18
3 СТРІЛОЧНІ ПЕРЕВОДИ НА СУМІЩЕНІЙ КОЛІЇ 19
3.1 Основні конструктивні відомості до побудови та розглядання геометричних особливостей стрілочних переводів 19
3.2 Основні положення методу геометричної побудови стрілочного переводу на суміщеній колії 25
3.2.1 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №1 25
3.2.2 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №2 30
3.2.3 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №3 31
3.2.4 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №4 32
3.2.5 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №5 33
3.2.6 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №6 34
3.2.7 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №7 36

4 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУМІЩЕНОЇ КОЛІЇ 37
4.1 Типи конструкцій суміщеної колії 37
4.2 Фінансово-економічні аспекти нового варіанту суміщеної колії 41
4.2.1 Фінансово-економічні аспекти щодо залізобетонної шпали 41
4.2.2 Фінансово-економічні аспекти щодо баластного шару 42
5 УНІВЕРСАЛЬНИЙ СПОСІБ ВКЛАДЕННЯ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ В СУМІЩЕНІЙ КОЛІЇ 45
5.1 Основні моменти універсального способу вкладення стрілочного переводу в суміщеній колії 45
5.2 Методично-конструктивні вказівки по розрахунку та побудові S-подібної кривої 46
5.2.1 Основні положення по розрахунку по побудові S-подібної кривої . 46
5.2.2 Паралельне зміщення колії без влаштування перехідних кривих 49
5.2.3 Паралельне зміщення колії з влаштування перехідних кривих 51
5.2.3 Визначення радіуса кривих 53
5.2.4 Призначення і форма перехідних кривих 56
5.2.5 Розрахунки розбивки перехідних кривих 58
5.2.6 Математичні розрахунки наданої конструкторської пропозиції 61
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 67
ДОДАТОК А 69
ДОДАТОК Б 70
ДОДАТОК В 71
ДОДАТОК Г 72
ДОДАТОК Д 73
ДОДАТОК Е 74
ДОДАТОК Є 75
ДОДАТОК Ж 76

ВСТУП

Однією із найважливішою у світі галуззю є транспортна. Вона відіграє критично важливу роль у забезпеченні руху товарів і людей, сприяє розвитку економіки, соціальним інтеграціям та культурним взаємозв'язкам між різними регіонами та країнами. Одним із перевірених часом видів транспорту є залізничний. Цей вид транспорту є, безперечно, одним із провідних у світі.

Невідмінно від інших країн світу, роль залізничного транспорту України є також важливою в економічному та стратегічному плані. Саме залізничний транспорт дуже багато років посягає перше місце по вантажоперевезенням. Одною із проблем залізниць України є її історичне та географічне положення у світі: колії 1520 мм та 1435 мм. Наразі сьогодення, Україна прямує до Євросоюзу, що означає й реформи у транспортній галузі. Це викликає багато нових задач, починаючи з проектування нових колій європейського стандарту та закінчуючи обслуговуванням таких колій. Головною метою даної дипломної роботи є дослідження працездатності європейської колії в межах України, розгляд та вирішення супутніх проблем.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДІЛЯНКИ КОЛІЇ

1.1 Розбудова залізничної мережі 1435 як інфраструктурна основа інтеграції українських залізниць до європейської транспортної системи

Розглядаючи сучасну ситуацію вантажопотоку залізницею України, можна впевнено сказати, що спостерігається тенденція зниження показників, через агресію росії до України, так як близько половини основних транзитних вантажопотоків прямували Україною з Європи до росії, та навпаки. Автори статті Вернигора Р.В., Гой В.О, Мількушин С.Е. навели статистичні дані, де залізничні перевезення за період з 2013 р. по 2021 р. скоротились втричі [1].

Вирішенням даної проблеми стала зміна політичного, стратегічного та економічного курсу країни на співпрацю з Європейським Союзом. Науковці навели приклад статистичних даних у відсотках товарообігу: у 2012 р. частки ЄС та російської федерації в загальному товарообігу України склали десь 29%, а у 2021 році – 39,5 % та 6,5 % відповідно, що безперечно вплинуло й на залізницю.

Дуже важливим фактором інтеграції між українською та європейською транспортними системами стала Угода про Асоціацію між Україною та ЄС, що включає в себе й транспортну складову: *«забезпечення сумісності транспортних систем шляхом імплементації директив і технічних регламентів ЄС; усунення адміністративних, технічних, прикордонних та інших перешкод; модернізацію інфраструктури, технічного обладнання, транспортних парків; розвиток регіональної транспортної мережі Східного партнерства, поєднаної з Транс'європейською транспортною мережею TEN-T»*. Ці положення безперечно повинні бути реалізовані за допомогою підготовлених заходів, що позитивно б вплинуло на економічний розвиток України.

Через дії країни-агресора 24 лютого 2022 році, робота більшості транспортних перевезень зупинилась. Як зазначили автори статті: обсяги транзитних вантажів, що були перевезені залізницею, склали 2,7 млн т, при

11,7 млн т у 2021 році. Пріоритетним видом транспортної галузі став сухопутний: автомобільний та залізничний, як найбезпечніші та надійні.

Науковці підкреслили те, що до 2022 року на сухопутні перевезення приходились лише 25% від всього вантажообігу, інші ж вантажі перевозились за допомогою портів. Зараз, використовуючи сухопутні види перевезень, з'ясувались нові проблеми: мала пропускна здатність західних пунктів пропуску, через що з'явились скупчення вагонів на підходах до кордону. Така ситуація дуже сильно впливає на економічний стан країни, так як багато товарів із великим запізненням перетинають кордон, вже не кажучи про продукцію, що може псуватись.

Причиною такої малої пропускної здатності є різниця у ширині колії між українською (1520 мм) та європейською (1435 мм) залізничною системою. На даний момент рішенням цих проблем є тільки перевантаження вантажів між вагонами та перестановка візків вагонів.

Недоліком першого рішення є:

1. Часові затримки: процес перевантаження займає певний час, що призводить до затримок у руху поїздів та накопиченні рухомого складу на станції;

2. Ризик пошкодження вантажу: є ризик пошкодження вантажу при перевантаженні з одного вагону у інший;

3. Безпека працівників: при безперервній роботі з важкими вантажами та/або в умовах обмеженого простору є потенційна небезпека для працівників залізниці;

4. Контроль якості та додаткові витрати: потрібно мати ефективні системи контрою якості під час перевантаження, щоб швидко й якісно забезпечити правильне розміщення та фіксацію вантажу у новому вагоні, для цього потрібне вдосконалення технічних засобів та забезпечення відповідної підготовки та навчання працівників.

Недоліком перестановки візків є:

1. Знову часові витрати;

2. Знову ризик пошкодження вантажу та додаткові витрати;

3. Неефективне використання простору: неправильне розміщення візків або недостатня організація простору призводить до неефективного використання простору на площадці чи в вагоні.

4. Європейські вимоги до рухомого складу, до прикладу, щодо відповідності габариту європейським стандартам.

З метою покращення ситуації сухопутного вантажоперевезення на кордоні України з ЄС був розроблений проект «Програми розвитку залізничної мережі 1435 мм на період 2023-2027 р.р.» у 2023 році. Ця програма передбачає суттєве розширення залізничної електрофікованої мережі 1435 мм від кордону з ЄС вглиб території України.

Отже, можна зробити висновок, що, нажаль, зараз прикордонні залізничні пункти пропуску своїми силами не можуть впоратись з тим об'ємом робіт, який з'явився унаслідок певних подій. Це сильно впливає не тільки в економічному плані на стабільність в країні, а й на стратегічний розвиток залізниць. Вихід з цієї «кризи» є – побудова нової колії європейського стандарту (1435 мм) вглиб країни.

1.2 Розвиток контрейлерних перевезень в Україні та досвід перевезень в європейських країнах

З погляду на новий курс розвитку залізничного транспорту, потрібно вирішувати не тільки економічно-стратегічні проблеми, а й екологічні. Знову повертаючись до досвіду транспортного розвитку країн ЄС, згадаємо про контрейлерні перевезення, що набули популярності в країнах Європейського Союзу, через ухвалення сурового екологічного законодавства та заборону руху автопоїздів у вихідні та святкові дні, що суттєво відобразилось на русі вантажівок. Завдяки чому, багато автомобілістів змушені були звернутись до послуг залізничного транспорту.

Розглядаючи статтю Баланова В.О. [2], можна підкреслити наступні переваги контрейлерних перевезень:

1. Переключення частини вантажопотоків з автомагістралей на залізницю, що допомагає зберігати довше дорожнє полотно, знижує аварійність на дорогах;

2. Висока швидкість доставки вантажів з дотриманням режиму праці і відпочинку водіїв автотранспортних засобів;

3. Зниження собівартості перевезень, через зниження витрат на паливо та працю водіїв, що також позитивно впливає й на екологію країни та допомагає зберегти навколишнє середовище.

4. Незалежність від погодних умов і безпека залізничного та автомобільного транспорту.

З погляду на вищесказані переваги та вигідного транспортно-географічного положення України, розробляється програма «From Door to Door».

Перші експерименти з контрейлерними перевезеннями в Україні вже були проведені ще в 90-ті роки XX століття, але на регулярній основі вони були задіяні лише в 2003 році, коли був запущений швидкісний поїзд комбінованих перевезень «Вікінг», трохи пізніше, в цьому ж році, за маршрутом Київ – Славкув (Польща) контрейлерний поїзд «Ярослав». У період роботи поїзду (2003-2005 р.р.) було перевезено 3,2 тис. автопоїздів.

Така велика рентабельність та популярність використання контрейлерного поїзду «Ярослав» водіями вантажівок була через проблеми з перетином кордону, але з прийняттям змін до митного законодавства привабливість та рентабельність значно знизилась. Законодавство України ніяк не відреагувало на ситуацію та проект був закритий.

Звертаючи увагу на події у 2023-2024 році на західному кордоні, а саме: мітинги та перекриття автомагістралей зі сторони польських діячів, утворюються довгі черги із автопоїздів. Було знову розглянуте рішення щодо використання контрейлерних поїздів, таким чином 7 грудня 2023 року був

запущений тестовий потяг із 23 українськими фурами за маршрутом Скнилів (Україна) – Славкув (Польша), через прикордонний пункт Ізов – Грубешів.

Можна дійти висновку, щодо використання контрейлерних поїздів на території України, опираючись на вищесказане, а саме: західні партнери вже на протязі довгого часу демонструють стабільність в економічному та стратегічному плані використання такого типу поїздів, за допомогою співпраці та інвестицій у цьому напрямку, українська залізнична дорога може таким чином вирішити проблему з сухопутними перевезеннями, зменшити протяжність колон автопоїздів та звичайних поїздів на пунктах пропусків.

1.3 Вимоги завтрашньої залізничної транспортної інфраструктури

Ще у 2004 році голова ради директорів та керуючий директор організації грецьких залізниць доктор Константінос Джаннакос випустив наукову статтю «THE REQUIREMENTS OF TOMORROW`S RAIL TRANSPORT INFRASTRUCTURE» [3], де торкнувся теми витрат часу при перетині кордоні. З аналізу статті можна винести наступні зауваження:

1. Через різницю у стандартах європейських колій та країн правонаступників колишнього радянського союзу.

2. Проблема фінансування залізниць в країнах правонаступників колишнього радянського союзу, що не дозволяє перейти цим країнам на європейський стандарт, щоб зменшити витрати часу на перетин кордону.

3. Проблема у митних законодавствах різних країн щодо залізничних перевезень різних країн.

Одним із рішень проблем втрат часу на кордоні вбачалося в тому, щоб всі об’єкти, по обидва боки кордону, повинні розглядатися як один об’єкт. Тобто, необхідно створити спільні станції по обидва боки кордону, щоб скасувати часові витрати, які необхідні для переходу від однієї станції до іншої та значно б спрощувало обмін порожніми поїздами. Це покращить співпрацю двох компаній різних країн у різних видах митного контролю,

спрощує обмін документами та непотрібні маневри на кордонах будуть скасовані.

Таким чином пропонувалося концептуально зробити інтегровану станцію, яка б спростила один із двох паралельних маневрів, одну для імпорту, іншу для експорту. Прикладом наводились станції прикордонні пункти в Україні та Угорщині при зміні візків.

1.4 Стальна залізнична рейка UIC60

Саме залізнична рейка UIC60 є європейським стандартом рейки. Відноситься до специфічного профілю рейки, бо має асиметричну конструкцію з плоским дном і похилими бортами з масою 60 кілограм на метр. Завдяки такій конструкції дана рейка придатна для високошвидкісних і великовагових залізничних ліній.

Достатньо перелічити переваги сталевої залізничної рейки UIC60, щоб зрозуміти наскільки важливий перехід України на європейський стандарт:

1. Висока несуча здатність: завдяки більшій масі, в порівнянні з більш легковими типами рейки, може витримувати великі навантаження на вісь, що в свою чергу робить їх придатними для перевезень великовагових вантажів та високошвидкісних пасажирських поїздів.

2. Підвищена стабільність: що здобута завдяки її асиметричній конструкції, підвищена стійкість і стійкість проти бічних сил. Завдяки таким значенням стійкості залізничної рейки UIC60, зберігається геометрія та вісь колії на лініях з високою швидкість та великовагових перевозках вантажів та пасажирів.

3. Розповсюдженість та сумісність: сталеві рейки UIC60 розповсюджені в багатьох залізничних мережах по світу. Однаковий стандарт залізниць надає можливість приймати поїзди з різних країн та регіонів, спростити залізничні перевезення та зробити безшовні з’єднання між мережами країн.

У підсумку, залізнична сталева рейка UIC60 є особливий рейковий профіль, який забезпечує високу несучу здатність, стійкість, сумісність та безпеку. Для українських залізниць важливим є фактором те, що UIC60 – це європейський стандарт, а з новим курсом на співпрацю з Європейським Союзом, прокладення цих рейок, на території України, стає ще більш важливим, бо це дозволить вирішити проблему різних стандартів колій, скоротить час на перетин кордону, позитивно впливатиме на економічний, стратегічний, культурний та туристичний розвиток країни.

1.5 Система рейкових скріплень Фоссло (Vossloh)

Система рейкових скріплень Фоссло, розроблені підрозділом компанії «Фоссло Фастенінг Системс», забезпечують безпеку руху поїздів більш ніж у 65 країнах світу, починаючи з країн Європи (Німеччина, Австрія, Фінляндія та ін.), закінчуючи країнами близького Сходу та Південно-Східної Азії.

Однією із розповсюджених по усьому світу є система W30, що являє собою високоеластичною конструкцією рейкового скріплення для баластної колії, яка також використовується й при стрілочних переводах. Окрім використання цієї системи при рейках UIC60, її удосконалили еластичною рейковою прокладкою під сталеві рейки Р65 до залізобетонних шпал.

Система W30 побудована на основі нової розробки з пружною клемою Skl 30. Має високе притискне зусилля – приблизно 13 кН, хід пружини 14 мм й амплітуду втомної міцності 2,2 мм. Температурний діапазон експлуатації від – 60 ° до + 50 °, з жорсткістю 85 кН/мм.

Система В30НН та В30 АР використовуються для великовагового або інтенсивного руху вантажних поїздів. У своїх конструкціях, поєднують пружинну клему Skl 30 з підрейковою прокладкою, жорсткість 160 – 400 кН/мм, опора викраденню – 18 кН. Низький знос, що надає більший термін експлуатації та низькі витрати на обслуговування, є важливою перевагою цього скріплення.

Усі системи W мають можливість регулювання колії за шириною та висотою з використанням спеціальних пластин різної товщини, без заміни шурупа, що також знижує витрати на обслуговування колії.

Отже, системи рейкового скріплення «Фоссло» типу W та B є не тільки міцними та стійкими, а ще й економічно вигідними.

1.6 Особливості напружено-деформованого стану суміщеної залізничної колії

Одним із рішень проблеми різного стандарту колій України та Європейського союзу – суміщена залізнична колія. По даним із наукової роботи, на Львівський залізниці сумарна довжина суміщеної колії (1 520 і 1 435 мм) становить близько 150 км.

Науковці [4] проводять дослідницьку експлуатацію стрілочного переводу ДН-410 типу UIC60 марки 1/11 колії 1435 мм, з хрестовиною з приварними рейковими закінченнями, на дерев'яних брусах.

Також випробовують шпали Ш2С-1 довжиною 2850 мм з пружнім скріпленням типу КПП-5. Вони мають спеціальну конструкцію, яка дає змогу обпиранню чотирьом рейковим ниткам.

Згідно досліджень, які провели науковці [4], на окремих ділянках на шпалах Ш2С-1 у зоні анкерів спостерігаються деформації у вигляді тріщин, як у зоні кріплення колії 1435 мм, так і на колії 1520 мм, що може призвести до виходу з ладу шпали. Дослідники виявили, тріщини не мають динамічного розвитку, через малу вантажонапруженість (77,9 млн т бр. – 1520 мм, 15,75 млн т бр. – 1435 мм), а їх поява пов'язана з некомплексним виправленням колії. Коли виправлення суміщеної колії проводять машинним способом по колії 1520 мм, а колії 1435 мм не торкаються – виникають тріщини в зоні анкерів на шпалах 1435 мм, аналогічно з 1520 мм, якщо виправку виконують по колії 1435 мм.

Рекомендується, для уникнення тріщин і зламів шпал на суміщеній колії, переглянути порядок транспортування та вкладання рейко-шпальної

решітки зі шпалами для суміщеної колії типу Ш2С-1 довжиною 2850 мм і технологію виправлення колій 1435 і 1520 мм.

У підсумку, особливість конструкції суміщеної колії є використання спеціальних залізобетонних шпал (типу Ш2С-1), що дають змогу розташувати чотири нитки рейок одночасно, як європейського стандарту, так й українського, на одному залізничному полотні. Асиметрія в навантаженні шпали передається в подальшому на підшпальну основу та формує напружено-деформовану роботу суміщеної конструкції, що відрізняється від роботи звичайної колії на залізобетонних шпалах.

2 ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

2.1 Узагальнення проблематики використання європейських технологій залізничного транспорту на території України

Однією із піднятих тем першого розділу було використання контрейлерних перевезень (пункт 1.2, розділ 1). Із підсумку даного підрозділу зрозуміло, що це є вигідним та продуктивним рішенням, яке вже довгий час використовується в країнах ЄС. В Україні також намагались запровадити такий тип перевезень, але це робилось на колії стандарту 1520, що утворювало нові проблеми, які б не могли вирішуватись на досвіді західних партнерів. Окрім внутрішніх проблем, потреба в переході на кордоні з 1435 на 1520 уповільнювала швидкість руху та, можливо, відбивала бажання у західних партнерів розглянути такий тип перевезень, через великі витрати, у порівнянні з автомобільним транспортом.

Наразі відбувається інтеграція європейського стандарту в глиб України, що може стати новим поштовхом в цьому виді залізничних перевезень. Одним із найрозповсюджених видів інтеграції колії ЄС є суміщена колія. Суміщена колія не є ноу-хау для українських залізничних доріг, але використовувалась в меншому об’ємі, в порівнянні з тим, що планується. З цим з’ясовуються нові проблеми, пов’язані із стрілочними переводами різних колій у суміщеній колії в обидві сторони. Ці проблеми та їх можливе рішення розглянемо далі в наступному розділі.

Другим важливим аспектом інтеграції європейських колій є й використання рейок UIC60 та скріплень Vossloh (пункти 1.4 та 1.5, розділ 1), що поширені в країнах ЄС. В основній базі досвіду та методиках європейських країн закладено саме використання рейок типу UIC60, а в країнах типу Німеччини та Австрії скріплень Vossloh, що дуже добре себе показуються напротязі багатьох років. Важливо також розуміти ситуації з вантажних та пасажирських перевезень у різних країнах, щоб отримати розуміння того, чи потрібні, українським дорогам, ці скріплення. Саме тому будемо розглядати надійність скріплень Vossloh в одному із наступних розділів.

3 СТРІЛОЧНІ ПЕРЕВОДИ НА СУМІЩЕНІЙ КОЛІЇ

3.1 Основні конструктивні відомості до побудови та розглядання геометричних особливостей стрілочних переводів

Для більш конструктивного та об’єктивного розгляду проблематики стрілочних переводів на суміщеній колії двох стандартів, виконуємо вісім різних можливих варіацій поворотів колій. За основу беремо звичайний стрілочний перевід на рейці типу Р65, марки 1/11, стандартів 1520 та 1435.

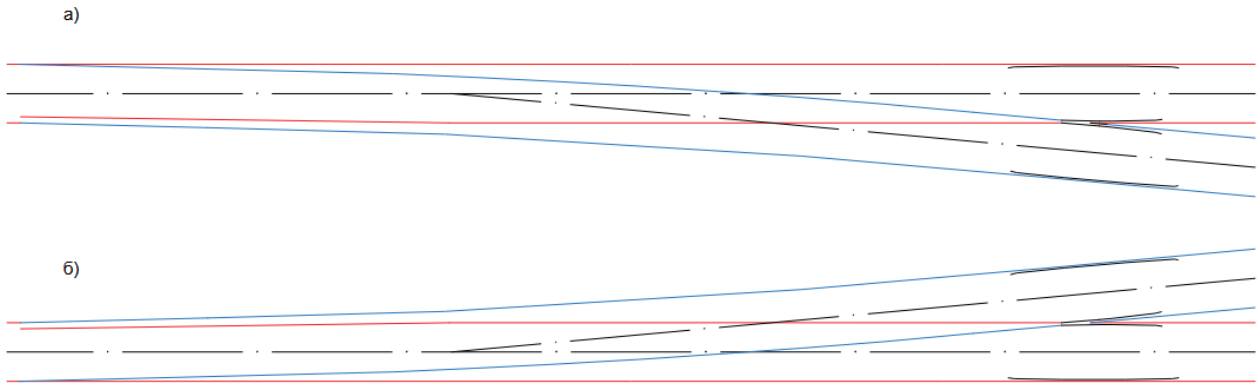


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення стрілочного переводу марки 1/11: а) колія 1435, тип рейки Р65, поворот вправо; б) колія 1435, тип рейки Р65, поворот вліво

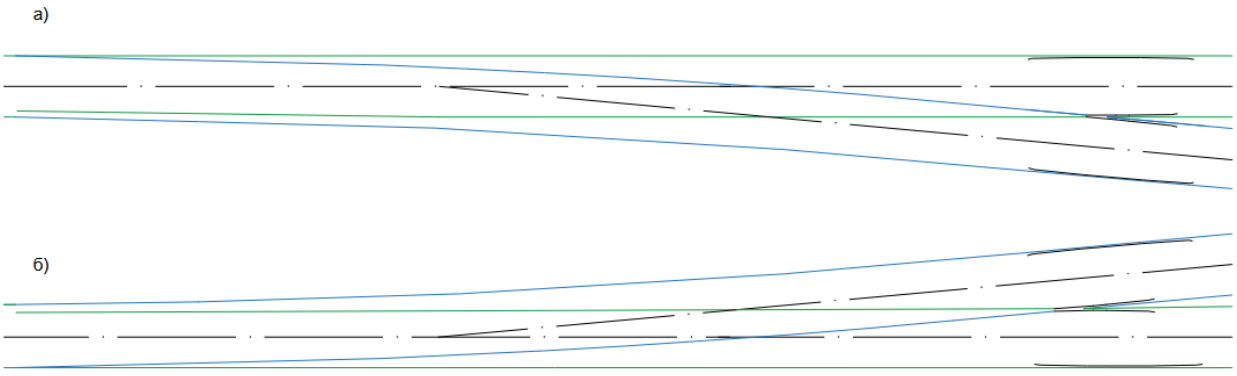


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення стрілочного переводу марки 1/11: а) колія 1520, тип рейки Р65, поворот вправо; б) колія 1520, тип рейки Р65, поворот вліво

Більш детальне геометричне зображення стрілочних переводів є відповідно в додатках. Відзначаємо колію 1435 – червоним кольором, колію 1520 – зеленим кольором, колію, що повертає – синім кольором, помаранчевим кольором позначаємо хрестовини.

Введення другої колії відбувається за схемою:

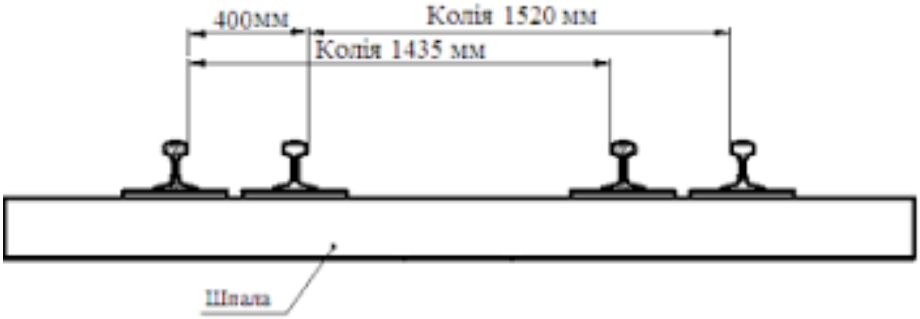


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення положення рейкових ниток колій 1435 та 1520 на шпалах

Відкладаємо 400 мм від головки рейки з внутрішньої сторони тієї рейкової нитки, що знаходиться навпроти повороту. Вже від цієї лінії добудовується колія, або 1435, або 1520 мм.

Розглядаємо перший можливий варіант положення суміщеної колії. Колія 1520 мм, стрілочний перевід марки 1/11, поворот вправо. При перетині колії, що повертає, колією 1435 мм, отримуємо ще одну гостру хрестовину і дві тупі хрестовини. На (рис. 3.4) позначено: 1 і 2 – гострі хрестовини; 3 і 4 – тупі хрестовини. Більш детально розглянути схему можна в додатку А. Рекомендується встановити одну подовжену контррейку замість двох стандартних. Причиною є їх накладання.

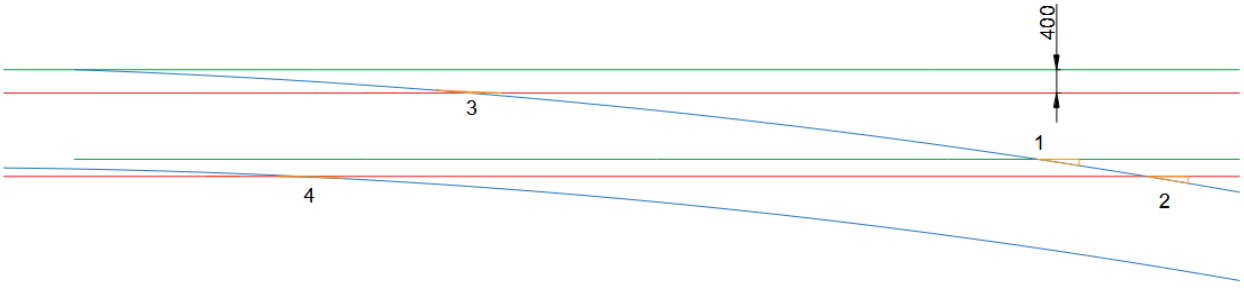


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вправо (схема №1)

В другому варіанті колія європейського стандарту перетинає колію, що повертає, лише в одному місці, утворюючи ще одну гостру хрестовину. Утворена гостра хрестовина має кривизну по боковому напрямку. На (рис. 3.5) під номером 1 – гостра хрестовина з кривизною; під номером 2 – гостра

хрестовина. Краще ознайомитись із схемою можна в додатку Б. Окрім додаткової гострої хрестовини з кривизною ніяких проблем не помічено.

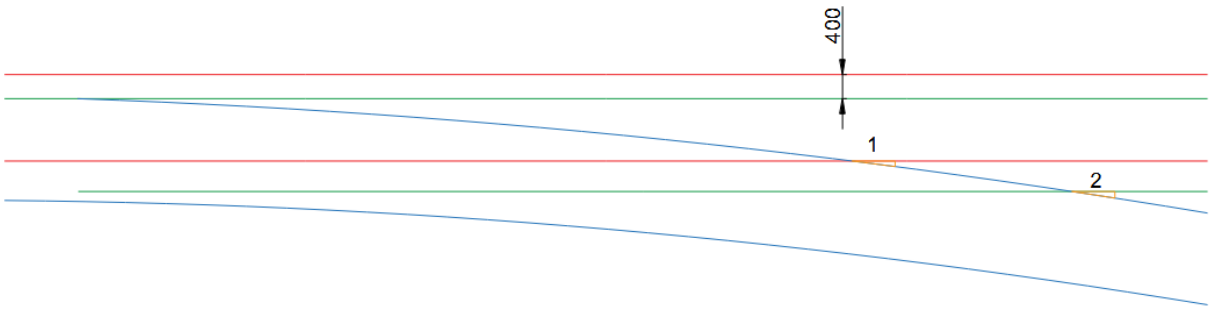


Рисунок 3.5 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вправо (схема №2)

Третій варіант демонструє стрілочний перевід вліво (рис. 3.2, б). Аналогічно другому варіанту, утворився ще одну гостру хрестовину з кривизною по боковому напрямку, що утворюється внаслідок того, що укладається на криву. На (рис. 3.6) позначено: 1 – гостра хрестовина з кривизною, 2 – гостра хрестовина. Як і в другому варіанті, потрібно вирахувати кривизну. Детальна схема в додатку В.

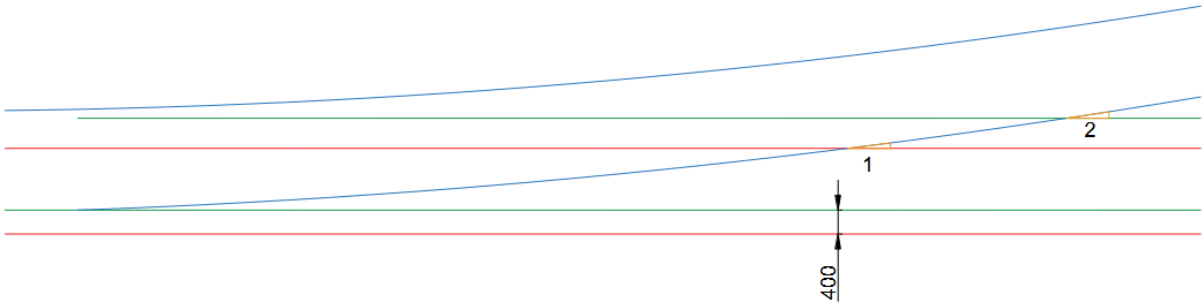


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вліво (схема №3)

Четвертий варіант має не тільки, аналогічно першому, дві гострі та дві тупі хрестовини. В цьому варіанті важливо дотримуватися точної побудови криволінійних елементів, бо може скластися враження, що в одній із тупих хрестовин є порушення в геометрії, а саме: жолоб між контррейкою та рейкою складає 35 мм, що не відповідає нормі 45 мм. При точній побудові даного порушення немає. На (рис. 3.7) під цифрами позначено: 1 і 2 – гостра хрестовина; 3 – тупа хрестовина; 4 – тупа хрестовина із порушенням

геометрії. Попередньо, причиною такої ситуаціє є дуже гострий кут між рейкою та вусовиком (1°33’58’’). Детальна схема в додатку Г.

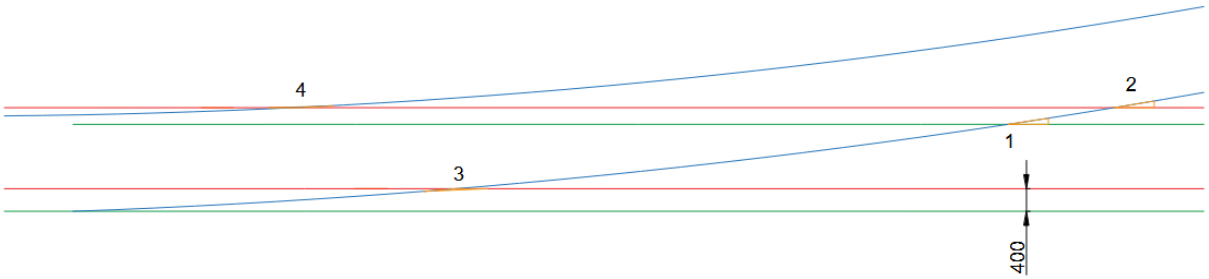


Рисунок 3.7 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вліво (схема №4)

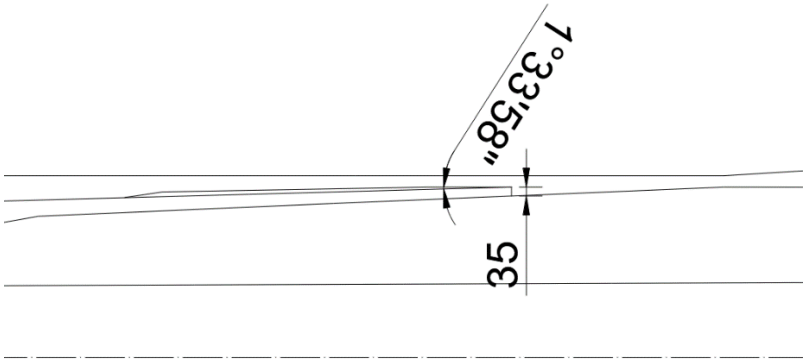


Рисунок 3.8 – Схема частини стрілочного переводу із тупою хрестовиною, марки 1/11, тип рейки Р65

П’ятий варіант можливого положення суміщеної колії. Тепер «головною» колією є європейський стандарт – 1435 мм. За основу береться стрілочний перевід (рис. 3.1, а). На (рис. 3.9) позначено: 1 – гостра хрестовина з кривизною; 2 – гостра кривизна. З наявних порушень: спостерігається накладання контррейок. Рекомендується укладання подовженої контррейки та визначення кривизни в хрестовині під номером 1 (див. рис. 3.9).

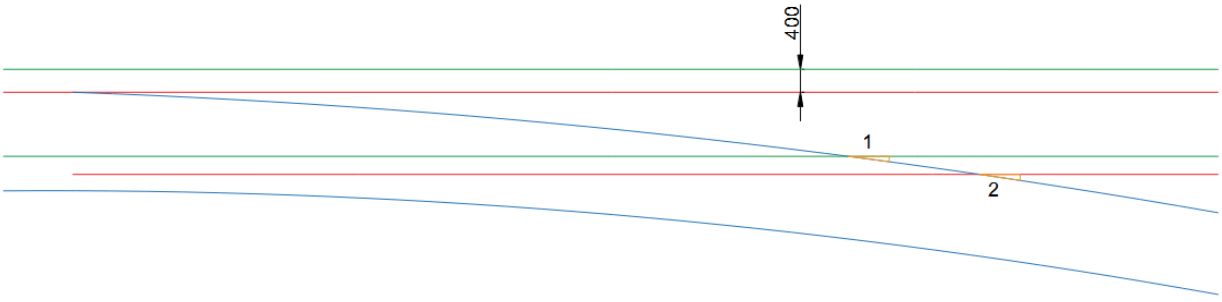


Рисунок 3.9 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, колія європейського стандарту основна, поворот вправо (схема №5)

В шостому варіанті розглядається положення колії 1520 на 400 мм всередину колії 1435. Аналогічно першому та четвертому варіантам, утворюються дві гострі та дві тупі хрестовини. На (рис. 3.10) показано: 1 і 2 – гострі хрестовини, 3 і 4 – тупі хрестовини. Накладання контррейок не спостерігається, як це було в першому та четвертому варіантах. Положення утвореної другої гострої хрестовини знаходиться далі, ніж у попередніх варіантах.

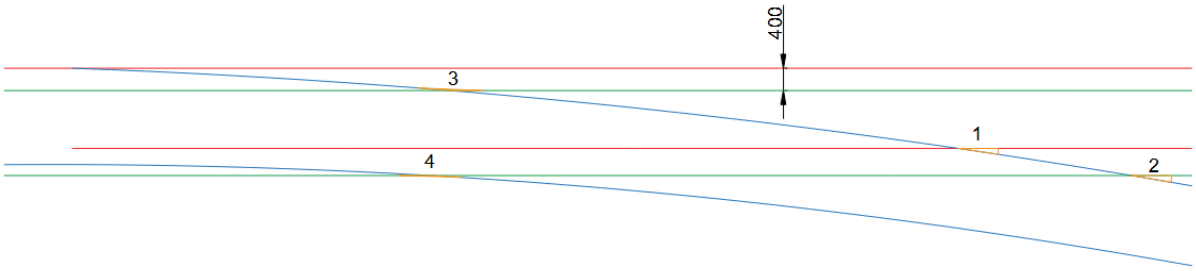


Рисунок 3.10 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вправо (схема №6)

Сьомий варіант, аналогічно до п’ятого, має проблему з накладанням двох контррейок. Утворюється одна гостра хрестовина з кривизною. На (рис. 3.11) зображено: 1 – гостра хрестовина з кривизною; 2 – гостра хрестовина. Рекомендується вкладати подовжену контррейку.

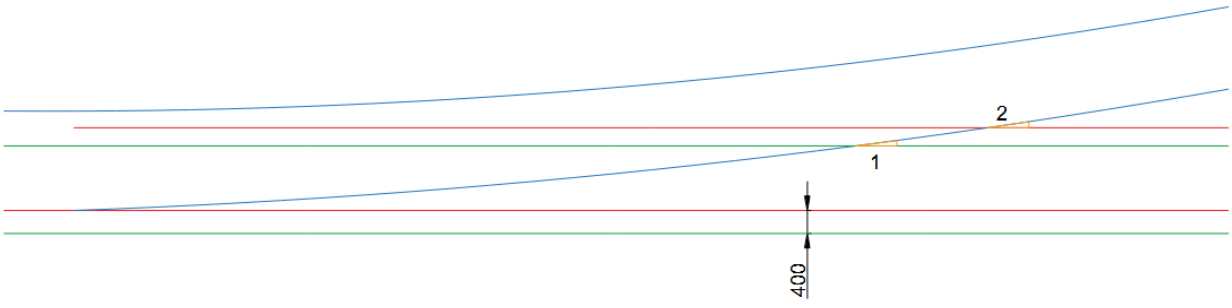


Рисунок 3.11 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вліво (схема №7)

Останній, восьмий, варіант не має жодної із проблем, описаних в четвертому варіанті, не дивлячись на їх схожість за поворотом та появленням

ще одної гострої хрестовини та двох тупих хрестовин. На (рис. 3.12) під цифрами: 1 і 2 – гострі хрестовини; 3 і 4 – тупі хрестовини.

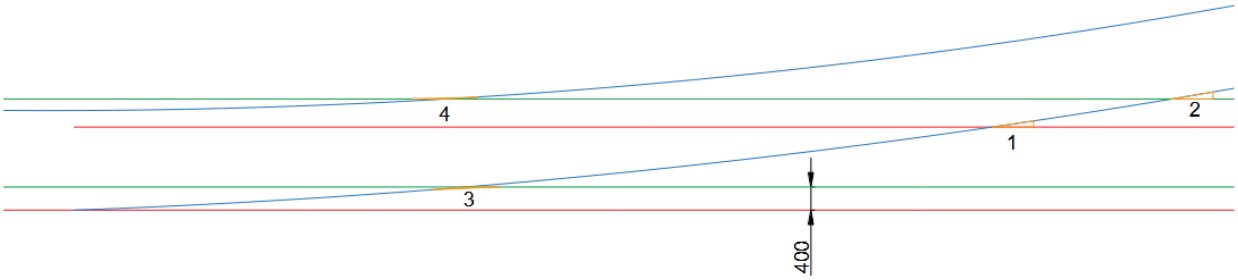


Рисунок 3.12 – Схематичне зображення стрілочного переводу на суміщеній колії, поворот вліво (схема №8)

Утворені, в результаті перетину двох колій, тупі хрестовини (див. рис. 3.12) зображені на (рис. 3.13, 3.14). Показані тупі хрестовини добре вписуються в стрілочний перевід та відповідають нормам. На (рис. 3.13) зображена тупа хрестовина під номером 3 з (рис. 3.12). На (рис. 3.14) зображена тупа хрестовина під номером 4 з (рис. 3.12).

Рисунок 3.13 – Схематичне зображення тупої хрестовини

Рисунок 3.14 – Схематичне зображення тупої хрестовини

Підбиваючи підсумок, показані варіації стрілочних переводів можливі у експлуатації, мають свої проблеми, як варіант четвертий (див. рис. 3.8). В усіх інших варіантах стрілочних переводів значних відступів від норм немає, тобто готові до експериментальних стендів, після додаткових теоретичних розрахунків геометрії цих варіантів. Четвертий варіант потребує додаткових теоретичних розрахунків та перегляду побудови стрілочного переводу.

Також необхідно установити мінімуми та максимуми допустимих відступів від рейкових ниток однієї колії від іншої, щоб уникати подібних до четвертого варіанту відступів від допуску, які можуть стати причиною сходу поїзду з рейок, що є недопустимим.

В наступному підрозділі буде розглянуто геометричний метод побудови стрілочних переводів із представлених восьми варіантів, будуть установлені прив’язки до існуючої гострої хрестовини.

3.2 Основні положення методу геометричної побудови стрілочного переводу на суміщеній колії

3.2.1 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №1

На базі звичайного стрілочного переводу з гострою хрестовиною (див. рис. 3.2, а) добудовуємо колію європейського стандарту 1435 мм, 400 мм відкладаємо від верхньої рейки вниз у масштабі. У результаті отримуємо три перетини колій, два з яких утворюють тупі хрестовини, а один гостру. Гостра хрестовина має, аналогічно до існуючої, марку 1/11, тобто схожий кут 5°13’ та побудову конструкції.

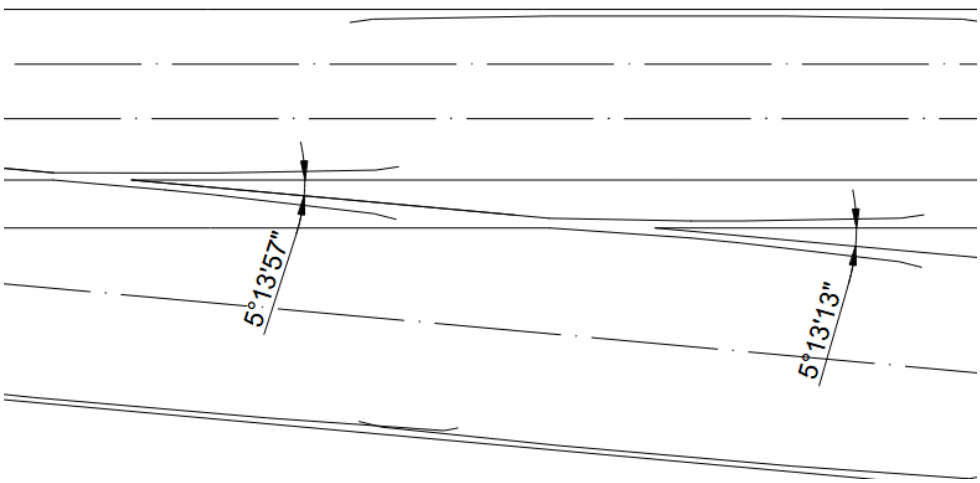


Рисунок 3.15 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів гострих хрестовин за схемою №1

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{02} = 20083$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 3445$ мм.

Індекс біля b_0 відповідає номеру утвореної хрестовини (див. рис. 3.4).

Розглядаючи утворені тупі хрестовини, установлюємо положення МЦХ відносно центру стрілочного переводу $b_{03} = 305$ мм, $b_{04} = 2237$ мм. Відстань між МЦХ тупих хрестовин $c_{3-4} = 1554$ мм.

Задля перевірки даних, що отримали при геометричній побудові стрілочного переводу, запишемо наступні формули:

$$v = 400 + S_{eu} - S_{ua} \tag{3.1}$$

де: v – відстань, що утворюється між рейковими нитками на іншому боці суміщеної колії від того, де було відкладено 400 мм;

S_{eu} – ширина колії європейського стандарту, 1435 мм;

S_{ua} – ширина колії українського стандарту, 1520 мм.

Для певних схем формула (3.1) може змінюватись, але для схеми №1 залишаємо як є.

$$v = 400 + 1435 - 1520 = 315 \text{ мм}$$

Таким чином підтверджується значення, яке з'ясувалось в ході геометричних вимірювань стрілочного переводу.

Перевіримо також і відстань між математичними центрами гострих хрестовин c_{1-2} за допомогою формули:

$$c_{1-2} = v \cdot N \tag{3.2}$$

де: N – марка переводу, 1/11.

$$c_{1-2} = 315 \cdot 11 = 3465 \text{ мм}$$

Для перевірки значень b_{03} та b_{04} потрібно розробити формули, тобто здійснити теоретичний розрахунок положення МЦХ тупих хрестовин. Для цього скористаємось методом ординат, за точку відліку беремо корінь вістряка. Тобто, кожна з МЦХ тупих хрестовин матиме координати x_i та y_i. Де y_i вже відома величина, це або 400 мм відступ, або значення v, для b_{03} та b_{04} відповідно.

За основу розрахунків беремо формулу, яку використовують для визначення ординат перевідної кривої:

$$y_i = U_n' + R \cdot (cos\beta_{\text{п}} - cos\gamma_i) \tag{3.3}$$

де U_n' – відстань між робочими гранями головок гостряка і рамної рейки в торці гостряка. Відома величина для стандартних стрілочних переводів типу Р65, марки 1/11, $U_n' = 0.230$ м;

R – радіус зовнішньої рейки в стрілочному переводі, також відома величина, $R = R_0'' = 284{,}091$ м;

$\beta_{\text{п}}$ – повний стрілочний кут, між робочою гранню рамної рейки і дотичною, що проведена до робочої грані гостряка в корені, $\beta_{\text{п}} = 0{,}040524$ рад;

γ_i – кут ординати, який необхідно визначити.

$$\gamma_i = \arccos\left(\frac{U_n' + Rcos\beta_{\text{п}} - y_i}{R}\right) \tag{3.4}$$

Для кожного варіанту, на основі українського стандарту, маємо наступні вирази:

$$\gamma_{\text{з}} = \arccos\left(\frac{U_n' + Rcos\beta_{\text{п}} - y_{\text{з}}}{R}\right) \tag{3.5}$$

$$\gamma_4 = \arccos\left(\frac{U_n' + (R - S_{ua})cos\beta_{\text{п}} - \nu}{(R - S_{ua})}\right) \tag{3.6}$$

Для кожного варіанту, на основі європейського стандарту, маємо наступні вирази:

$$\gamma_{\text{з}} = \arccos\left(\frac{U_n' + Rcos\beta_{\text{п}} - y_{\text{з}}}{R}\right) \tag{3.7}$$

$$\gamma_4 = \arccos\left(\frac{U_n' + (R - S_{eu})cos\beta_{\text{п}} - \nu}{(R - S_{eu})}\right) \tag{3.8}$$

За допомогою цього кута можна установити невідому координату x_i, через формулу:

$$\gamma_i = \arcsin\left(sin\beta_{\text{п}} + \frac{x_i}{R}\right) \tag{3.9}$$

З формули (3.9) виводимо формулу для знаходження координати:

$$sin\,\gamma_i = sin\beta_{\text{п}} + \frac{x_i}{R}$$

$$x_{\text{кк}-i} = R(sin\gamma_i - sin\beta_{\text{п}}) \tag{3.10}$$

Для кожного варіанту, на основі українського стандарту, маємо наступні вирази:

$$x_{\text{кк}-\text{з}} = R(sin\gamma_{\text{з}} - sin\beta_{\text{п}}) \tag{3.11}$$

$$x_{кк-4} = (R - S_{ua})(sin\gamma_4 - sin\beta_п) \quad (3.12)$$

Для кожного варіанту, на основі європейського стандарту, маємо наступні вирази:

$$x_{кк-3} = R(sin\gamma_3 - sin\beta_п) \quad (3.13)$$

$$x_{кк-4} = (R - S_{eu})(sin\gamma_4 - sin\beta_п) \quad (3.14)$$

Виконуємо перевірку значень b_{03} та b_{04} за формулами:

$$b_{03} = l'_0 + x_{кк-3} - a_0 \quad (3.15)$$

$$b_{04} = l'_0 + x_{кк-4} - a_0 \quad (3.16)$$

де l'_0 – проекція криволінійного гостряка на рамну рейку, $l'_0 = 9.181$ м;

a_0 – відстань від центру стрілочного переводу до, $a_0 = 10.559$ м.

Для даного варіанту використаємо формули (3.5, 3.6, 3.11, 3.12, 3.15, 3.16), щоб визначити та перевірити значення b_{03} та b_{04}.

$$\gamma_3 = \arccos\left(\frac{0.23 + 284.091 \cdot \cos(0{,}040524) - 0.4}{284.091}\right)$$

$$= \arccos(0.998581) = 0.05328 \text{ рад}$$

$$\gamma_4 = \arccos\left(\frac{0.23 + (284.091 - 1.52) \cdot cos(0{,}040524) - 0.315}{282.571}\right)$$

$$= \arccos(0.998878) = 0.04738 \text{ рад}$$

$$x_{кк-3} = 284.091(\sin(0.05328) - sin(0{,}040524)) = 3.62 \text{ м}$$

$$x_{кк-4} = 282.571(\sin(0.04738) - \sin(0{,}040524)) = 1.67 \text{ м}$$

$$b_{03} = 9.181 + 3.62 - 10.559 = 2.242 \text{ м} = 2242 \text{ мм}$$

$$b_{04} = 9.181 + 1.67 - 10.559 = 0.292 \text{ м} = 292 \text{ мм}$$

Провівши перевірки за формулами відстаней, які з'ясували в ході вимірювань побудованих стрілочних переводів, треба підсумувати, що є розбіжність між теоретичними та практичними значеннями, яке сягає близько одного відсотка. Ця розбіжність у значеннях, можливо, виникла через округлення значень при побудові стрілочних переводів та інших

неточностей, що можуть бути пов’язані із програмним забезпеченням на якому виконувалась побудова проектів.

3.2.2 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №2

На базі звичайного стрілочного переводу з гострою хрестовиною (див. рис. 3.2, а) добудовуємо колію європейського стандарту 1435 мм, 400 мм відкладаємо від верхньої рейки вверх у масштабі. У результаті отримуємо один перетин колій, який утворює гостру хрестовину. Гостра хрестовина має, аналогічно до існуючої, марку 1/11, тобто схожий кут 5°13’ та побудову конструкції. Окрім цього, утворена гостра хрестовина лежить на кривій, отже має кривизну в хрестовині.

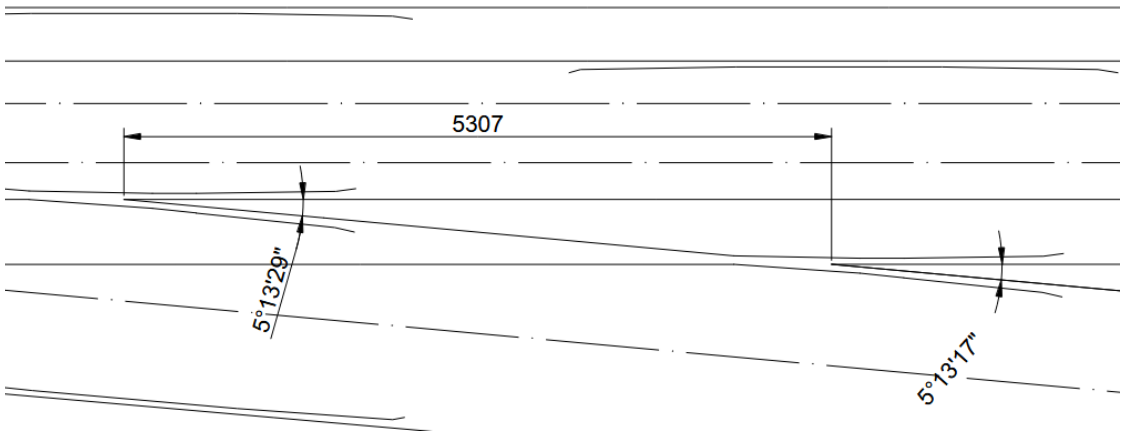


Рисунок 3.16 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №2

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{01} = 11332$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 5307$ мм.

Індекс біля b_0 відповідає номеру утвореної хрестовини (див. рис. 3.5).

Виконуємо перевірку значень за формулами (3.1, 3.2):

$$v = 400 + S_{ua} - S_{eu} = 400 + 1520 - 1435 = 485 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 485 \cdot 11 = 5335 \text{ мм}$$

Значення, що отримали теоретично знову відрізняються від практичних майже на один відсоток.

3.2.3 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №3

На базі звичайного стрілочного переводу з гострою хрестовиною (див. рис. 3.2, б) добудовуємо колію європейського стандарту 1435 мм, 400 мм відкладаємо від верхньої рейки вниз у масштабі. У результаті отримуємо один перетин колій, який утворює гостру хрестовину. Гостра хрестовина має, аналогічно до існуючої, марку 1/11, тобто схожий кут 5°13’ та побудову конструкції. Окрім цього, утворена гостра хрестовина лежить на кривій, отже має кривизну в хрестовині.

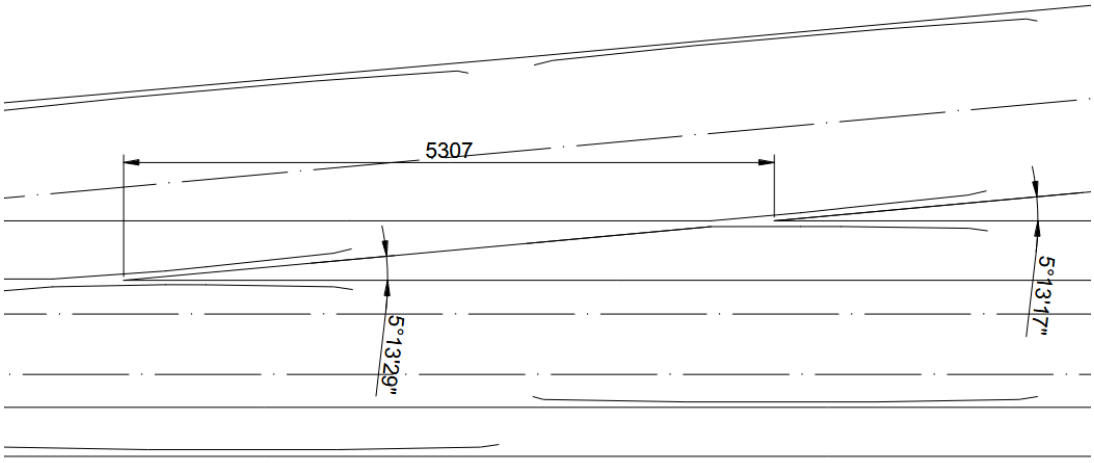


Рисунок 3.17 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №3

Повністю аналогічний випадок до попереднього варіанту по розмірам. Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{01} = 11332$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 5307$ мм.

Виконуємо перевірку значень за формулами (3.1, 3.2):

$$v = 400 + S_{ua} - S_{eu} = 400 + 1520 - 1435 = 485 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 485 \cdot 11 = 5335 \text{ мм}$$

Значення, що отримали теоретично знову відрізняються від практичних майже на один відсоток.

3.2.4 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №4

На базі звичайного стрілочного переводу з гострою хрестовиною (див. рис. 3.2, б) добудовуємо колію європейського стандарту 1435 мм, 400 мм відкладаємо від верхньої рейки вниз у масштабі. У результаті отримуємо три перетини колій, два з яких утворюють тупі хрестовини, а один гостру. Гостра хрестовина має, аналогічно до існуючої, марку 1/11, тобто схожий кут 5°13’17’’ та побудову конструкції.

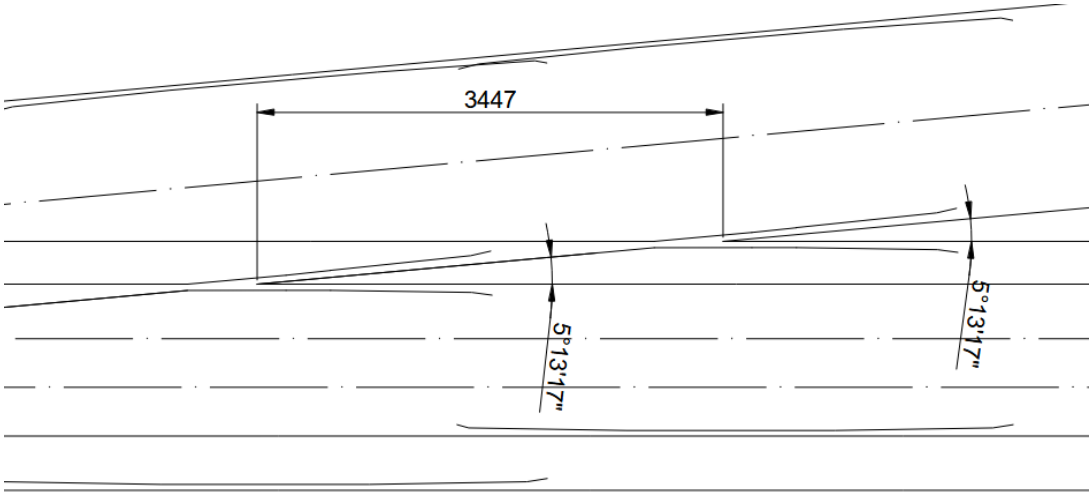


Рисунок 3.18 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №4

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{02} = 20085$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 3447$ мм.

Індекс біля b_0 відповідає номеру утвореної хрестовини (див. рис. 3.7).

Розглядаючи утворені тупі хрестовини, установлюємо положення МЦХ відносно центру стрілочного переводу $b_{03} = 300$ мм, $b_{04} = 2237$ мм. Відстань між МЦХ тупих хрестовин $c_{3-4} = 1711.4$ мм.

Для певних схем формула (3.1) може змінюватись, але для схеми №4 залишаємо як є.

$$v = 400 + 1435 - 1520 = 315 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 315 \cdot 11 = 3465 \text{ мм}$$

Для даного варіанту використаємо формули (3.5, 3.6, 3.11, 3.12, 3.15, 3.16), щоб визначити та перевірити значення b_{03} та b_{04}.

$$\gamma_3 = \arccos\left(\frac{0.23 + 284.091 \cdot \cos(0{,}040524) - 0.4}{284.091}\right)$$

$$= \arccos(0.998581) = 0.05328 \text{ рад}$$

$$\gamma_4 = \arccos\left(\frac{0.23 + (284.091 - 1.52) \cdot cos(0{,}040524) - 0.315}{282.571}\right)$$

$$= \arccos(0.998878) = 0.04738 \text{ рад}$$

$$x_{кк-3} = 284.091(\sin(0.05328) - sin(0{,}040524)) = 3.62 \text{ м}$$

$$x_{кк-4} = 282.571(\sin(0.04738) - \sin(0{,}040524)) = 1.67 \text{ м}$$

$$b_{03} = 9.181 + 3.62 - 10.559 = 2.242 \text{ м} = 2242 \text{ мм}$$

$$b_{04} = 9.181 + 1.67 - 10.559 = 0.292 \text{ м} = 292 \text{ мм}$$

3.2.5 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №5

В цьому проекті використовується стрілочний перевід на базі європейського стандарту з гострою хрестовиною (див. рис. 3.1). Аналогічно до інших варіантів, добудовуємо дві рейкові нитки з шириною колії 1520, відкладаючи 400 мм. В результаті чого отримуємо один перетин колій, на місці якого проектуємо гостру хрестовину, аналогічну до наявної. Нова хрестовина має марку 1/11, схожий кут та побудову конструкції.

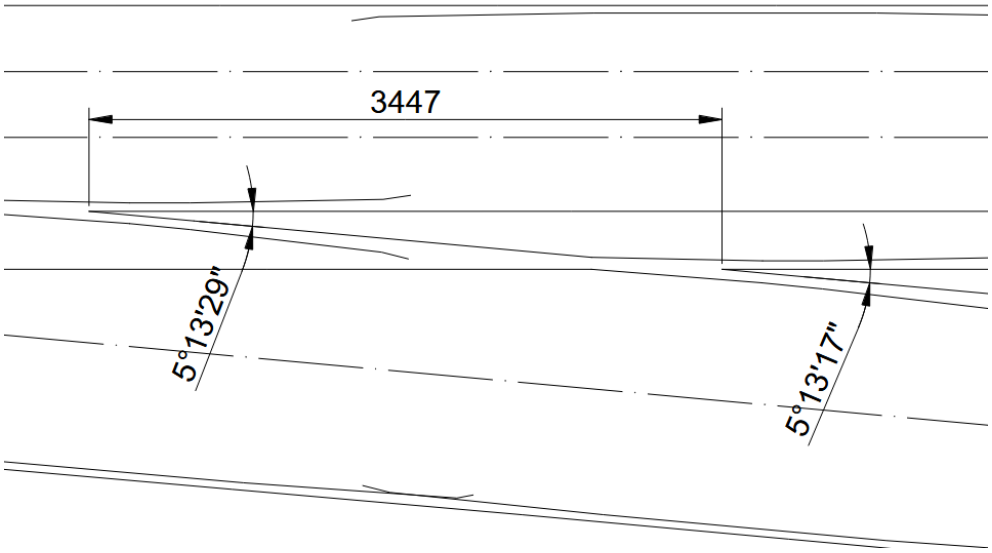


Рисунок 3.19 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №5

Порівнюючи із попередніми варіантами, розмір між гострими хрестовинами тепер відповідає розмірам за схемами №1 і №4. В даному випадку не має тупих хрестовин. Пояснити дану ситуацію може те, що тепер «основою» є стрілочний перевід європейського стандарту.

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{02} = 12212$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 3447$ мм.

Виконуємо перевірку значень за формулами (3.1, 3.2):

$$v = 400 + S_{eu} - S_{ua} = 400 + 1435 - 1520 = 315 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 315 \cdot 11 = 3465 \text{ мм}$$

3.2.6 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №6

В цьому проекті знову використовується стрілочний перевід європейського стандарту з гострою хрестовиною (див. рис. 3.1). Аналогічно до інших варіантів, добудовуємо дві рейкові нитки з шириною колії 1520, відкладаючи 400 мм. В результаті чого отримуємо три перетину колій, два з

яких утворюють тупі хрестовини, а останній гостру хрестовину. Гостра хрестовина повністю відповідає існуючій.

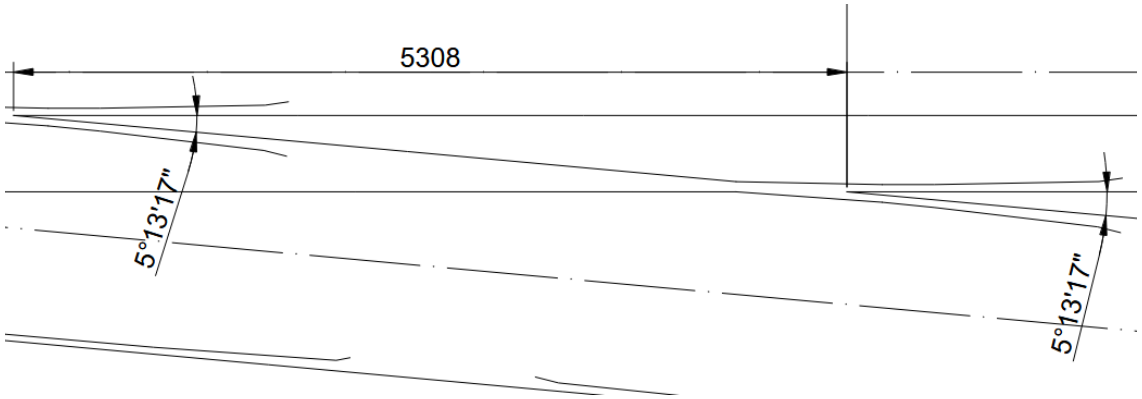


Рисунок 3.20 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №6

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{02} = 20965$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 5308$ мм.

Розглядаючи утворені тупі хрестовини, установлюємо положення МЦХ відносно центру стрілочного переводу $b_{03} = 2171$ мм, $b_{04} = 3267$ мм. Відстань між МЦХ тупих хрестовин $c_{3-4} = 1096$ мм.

Виконуємо перевірку значень за формулами (3.1, 3.2):

$$v = 400 + S_{ua} - S_{eu} = 400 + 1520 - 1435 = 485 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 485 \cdot 11 = 5335 \text{ мм}$$

Значення, що отримали теоретично знову відрізняються від практичних майже на один відсоток.

Також цікаво, що відстань між МЦХ гострих хрестовин стала 5335 мм, що дорівнює відстані МЦХ гострих хрестовин у схемах №1 та №4, де є і тупі хрестовини.

Схема №8 має повністю ідентичні розміри та положення хрестовин до схеми №6. Відмінність полягає лише у сторонності повороту.

3.2.7 Геометричний метод побудови стрілочного переводу за схемою №7

В цьому проекті використовується стрілочний перевід на базі європейського стандарту з гострою хрестовиною (див. рис. 3.1). Аналогічно до інших варіантів, добудовуємо дві рейкові нитки з шириною колії 1520, відкладаючи 400 мм. В результаті чого отримуємо один перетин колій, на місці якого проектуємо гостру хрестовину, аналогічну до наявної. Нова хрестовина має марку 1/11, схожий кут та побудову конструкції.

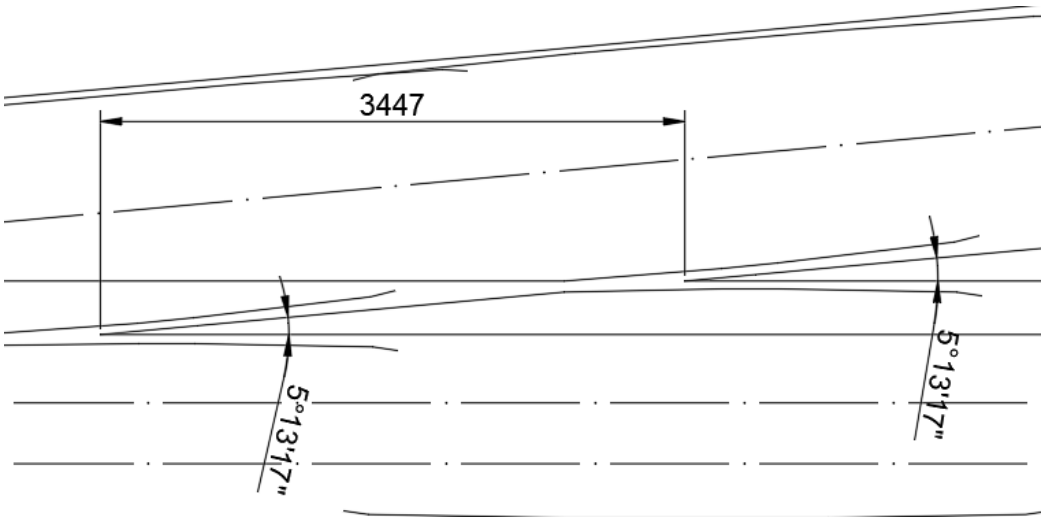


Рисунок 3.21 – Схематичне зображення частини стрілочного переводу з розмірами кутів та відстанню між МЦХ за схемою №7

Положення математичного центра утвореної гострої хрестовини, відносно центру стрілочного переводу, знаходиться на відстані $b_{02} = 12212$ мм. Відстань між математичними центрами гострих хрестовин $c_{1-2} = 3447$ мм.

Виконуємо перевірку значень за формулами (3.1, 3.2):

$$v = 400 + S_{eu} - S_{ua} = 400 + 1435 - 1520 = 315 \text{ мм}$$

$$c_{1-2} = 315 \cdot 11 = 3465 \text{ мм}$$

4 ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СУМІЩЕНОЇ КОЛІЇ

4.1 Типи конструкцій суміщеної колії

В даному розділі розглядатимуться різні варіанти суміщеної колії з чотирма рейковими нитками задля пошуку найбільш продуктивного та економічно вигідного варіанту.

Одним із перших варіантів суміщеної колії є скріплення ДО, дерев'яні шпали 3 м, відношення сторін 400/485 мм.

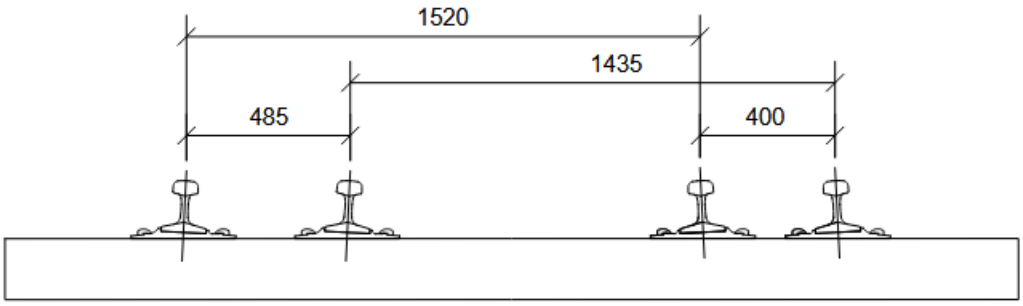


Рисунок 4.1 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на дерев'яних шпалах, скріплення Д-65

Даний варіант має декілька недоліків. Перший це дерев'яні шпали, які є на часі дорогим варіантом, через вирубку лісу, потребу постійного догляду та заміну шпал. Другий це скріплення Д-65, що у порівнянні з КПП-5 має не таку високу вібро- та шумоізоляцію, також потребує регулярне обслуговування, через швидкий вихід із ладу елементів скріплення. Не дивлячись на простоту монтажу, демонтажу та ремонтоспроможності все ж уступає своєму спадкоємцю – КПП-5.

Наступним варіантом суміщеної колії, який використовується і сьогодні є скріплення КПП-5, залізобетонні шпали Ш2С, 2.85 м, відношення сторін 400/485 мм.

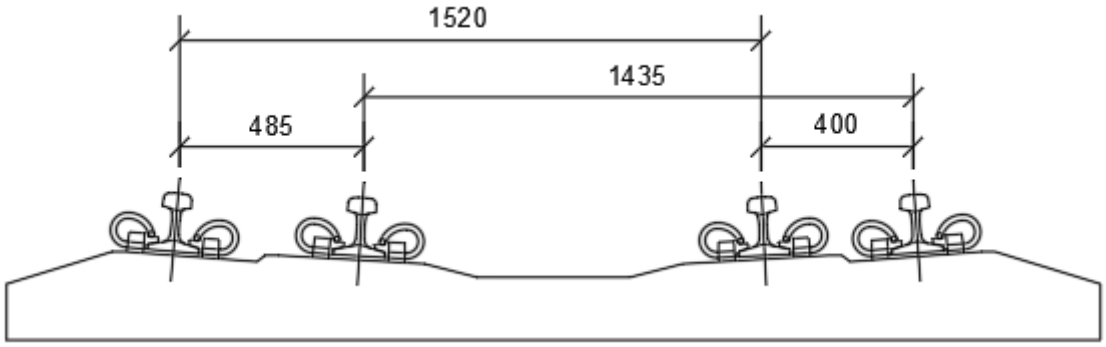


Рисунок 4.2 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на залізобетонних шпалах, скріплення КПП-5

КПП-5, по відношенню до Д-65, є більше довговічним з мінімальними потребами в обслуговуванні, має гарну стійкість до високих навантажень, що робить його дуже сильним кандидатом, як для швидкісних залізниць, так і для суміщеної колії. Звісно, що КПП-5 має свої недоліки: елементи КПП-5 дорогі й потребують більше часу на монтаж, ніж Д-65, але вони довговічніші та потребують набагато менше догляду.

Розглядаючи наші варіанти проекту стрілочного переводу на суміщеній колії, була відкрита схема №1 суміщеної колії, яка ще не використовується на українських залізницях через ряд проблем. Важливим аспектом, що заважає використанню цієї моделі, є відношення 400/315 мм.

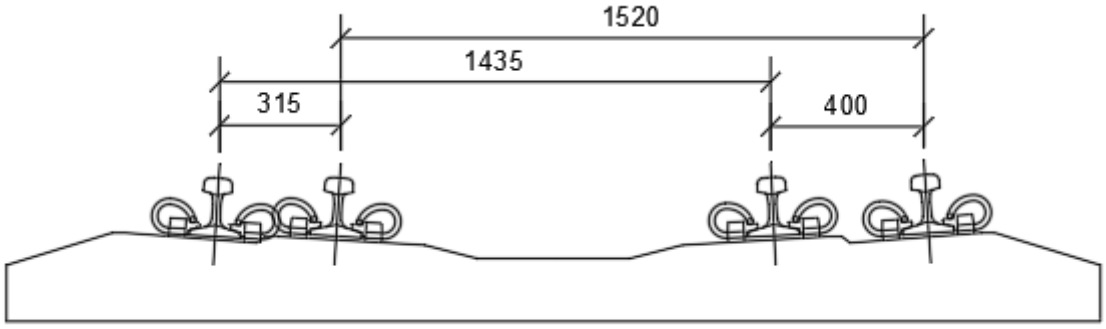


Рисунок 4.3 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на залізобетонних шпалах, скріплення КПП-5, за схемою №1

Як видно з (рис. 4.3) габарити скріплення КПП-5 заважають одне одному, отже такий варіант унеможливлюється.

Одним із можливих рішень даної проблеми може стати збільшення відстані між рейками колій. Таким чином прийшли до варіанту 350/435.

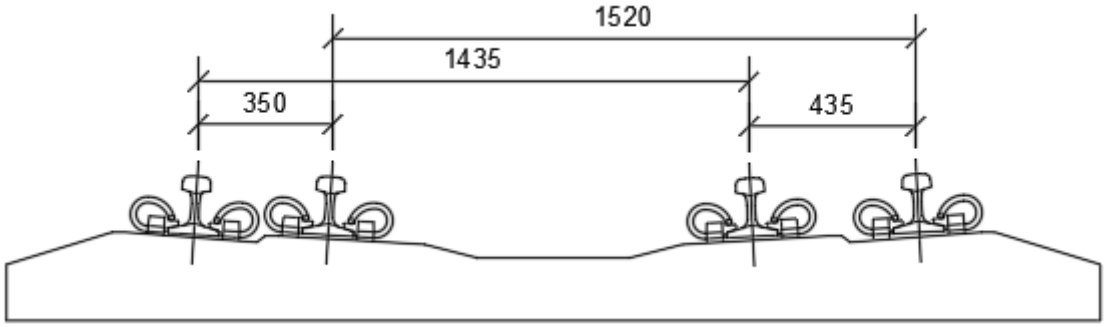


Рисунок 4.4 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на залізобетонних шпалах, скріплення КПП-5

Розглядаючи даний варіант, можна помітити деяке рішення проблеми накладання скріплень одне на одне. Але даний варіант також є неможливим, через механізм установки скріплень КПП-5, який потребує більше відстані між рейками, аби закріпити трубки на рейці. Збільшувати надалі розмір між рейками – повернусь до першочергової схеми (див. рис. 4.2).

Одним із знайдених рішень є використання німецьких скріплень «Vossloh», марки W30. Дані скріплення перевірені у часі, мають низку покращень для таких доріг, як в Україні, а головне – мають малі габарити, всього 300 мм. Що в свою чергу дає змогу реалізувати варіанти схем №1,4,5,7.

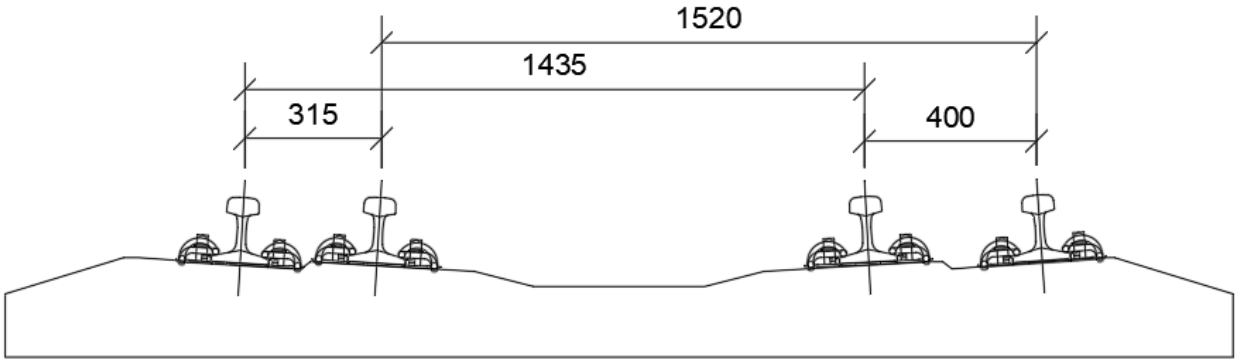


Рисунок 4.5 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на залізобетонних шпалах, скріплення Vossloh марки W30

Як видно з (рис. 4.5) скріплення Vossloh марки W30 добре вписується в необхідні жорсткі габарити. Також W30 мають спрощену, у порівнянні з КПП-5, технологію збору на місці: загвинчування болтів зверху, через що прижимаються рейки до шпал.

Також спостерігається великий залишок шпали на боці з 315 мм (див. рис. 4.5) між центрами рейок, який можна скоротити до норми.

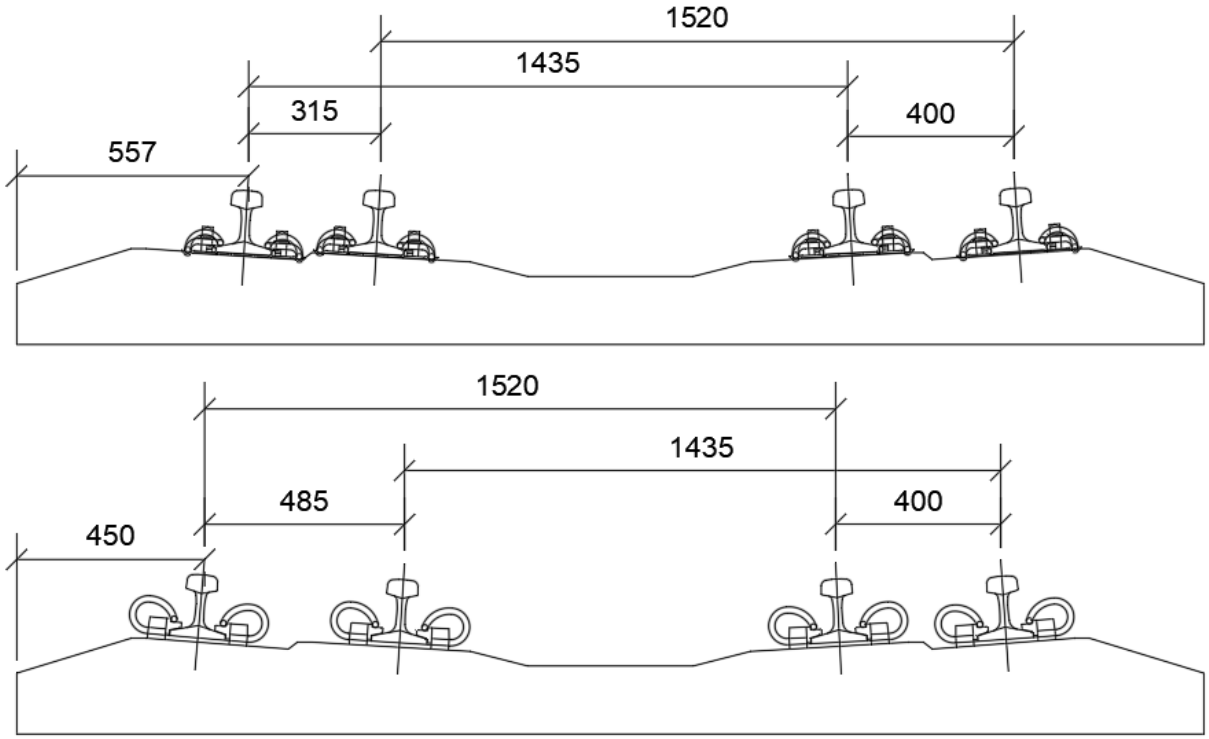


Рисунок 4.6 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на залізобетонних шпалах, скріплення КПП-5 та Vossloh марки W30

На (рис. 4.6) показані два схематичних зображення поперечного перерізу суміщеної колії. У першому варіанті відстань від краю шпали до центра рейки складає 557 мм, а у другому варіанті 450 мм. Так як другий варіант використовується на залізницях України, можна прийняти його як необхідний мінімум. Таким чином, маємо 107 мм залишку, який можемо з економити на одній шпалі.

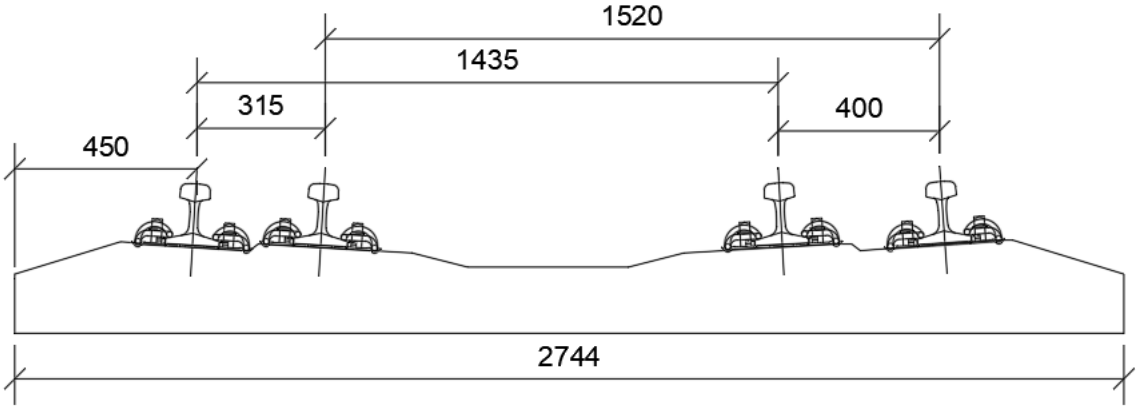


Рисунок 4.7 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на укороченій залізобетонній шпалі, скріплення Vossloh марки W30

4.2 Фінансово-економічні аспекти нового варіанту суміщеної колії

4.2.1 Фінансово-економічні аспекти щодо залізобетонної шпали

В основі цього підрозділу буде розглядатись економічна вигода варіанту використання типу суміщеної колії з чотирма рейковими нитками із скріпленням «Vossloh» марки W30.

Із попереднього підрозділу отримали приблизно 107 мм, які можна скоротити у шпалі, щоб з економити. Якщо брати шпали Ш2С, які використовуються в Україні для таких колій, маса однієї такої шпали дорівнює 380 кг, при довжині шпали 2850 мм. Щоб краще розуміти економічну вигідність дізнаємось на скільки стане легше один кілометр таких шпал.

$$A_{\text{нш}} = 1 - \frac{2744}{2850} \cdot 100\% = 3.7\% \qquad (4.1)$$

де 1 – повна довжина стандартної довжини шпали Ш2С;

За формулою (4.1) дізнались частину шпали, яку скорочуємо у відсотках. Цей відсоток нам потрібен для наступної формули:

$$m_{\text{нш}} = 380 \cdot A_{\text{нш}} = 380 \cdot 0.037 = 14.1 \text{ кг} \qquad (4.2)$$

Отже, на одну шпалу скорочення маси відбувається на 14.1 кг бетон/арматури, тоді на епюру 1840 шт/км скорочення маси відбувається на 25944 кг. Це майже 26 тон на один кілометр.

Розрахуємо на скільки дешевше стане епюра 1840 шт/км. По цінам на шпали: стандартна шпала Ш-1-2, довжиною $l_{\text{ш}} = 2700$ мм, масою 270 кг, коштує $E_{\text{ш}}$ = 500 грн за одну штуку. Узявши пропорцію з тією інформацією, що маємо, отримали формулу:

$$E_{\text{н}} = \frac{E_{\text{ш}} \cdot l_{\text{нш}}}{l_{\text{ш}}} = \frac{500 \cdot 0.107}{2.7} = 19.82 \text{ грн/шт} \qquad (4.3)$$

$$E_{\text{нп}} = 1840 \cdot E_{\text{н}} = 1840 \cdot 19.82 = 36469 \text{ грн/км}$$

У підсумку, економія витрат бетону та грошей, при використанні скріплення «Vossloh» марки W30 замість КПП-5, 25.944 т та 36.469 тис. грн. відповідно.

4.2.2 Фінансово-економічні аспекти щодо баластного шару

В цьому підрозділі розглядається фінансова та економічна користь використання типу суміщеної колії з чотирма рейковими нитками із скріпленням «Vossloh» марки W30, але з погляду на баластний шар.

Через зменшення плеча залізобетонної шпали на 107 мм, можемо зменшити і ширину баластного шару, щоб з економити. Категорія колії обирається не менше II, в даному випадку, будемо розглядати I категорію колії.

Для I категорії колії, згідно вимог «Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України», використовується щебінь, як матеріал основного шару. Конструкція баластної призми – двошарова. Товщина шару баласту складається із щебеню $h_{\text{щ}} = 0.4$ м та піщаної подушки $h_{\text{п}} = 0.2$ м. Ширина плеча баластної призми $d = 0.45$ м, узбіччя земляного полотна $n = 0.5$ м.

Крутість укосів баластної призми, при всіх видах баласту та всіх категоріях колій, приймається 1:1.5, укосів піщаної подушки – 1:2.

За вимогами, у кривих ділянках баластну призму будують із врахуванням підвищення зовнішньої рейки. Під внутрішньою рейкою товщина баластного шару повинна бути не менше тої, що на прямих ділянках.

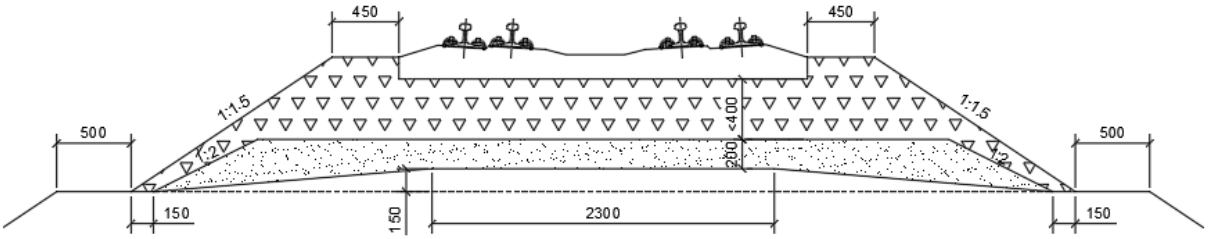


Рисунок 4.8 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на укороченій залізобетонній шпалі, скріплення «Vossloh» марки W30, у прямій

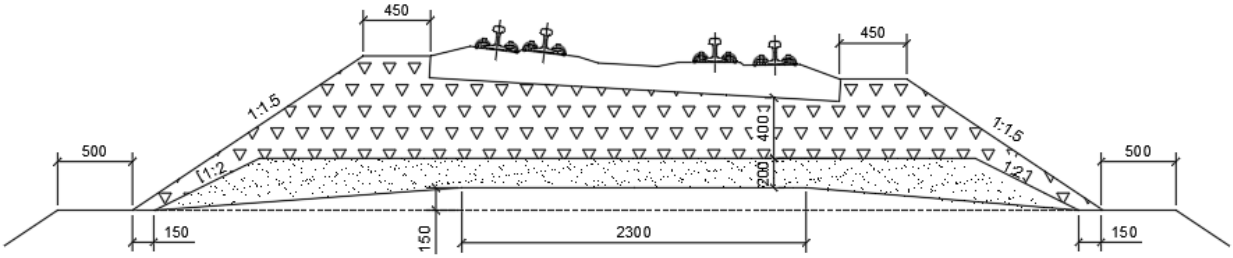


Рисунок 4.9 – Схематичне зображення поперечного перерізу суміщеної колії на укороченій залізобетонній шпалі, скріплення «Vossloh» марки W30, на кривій

Для залізобетонних шпал, вкладається тільки на баласт із твердих порід щебню. Марка щебню береться не менше У-50 та И-40. Витрати щебеню на 1 км одній колії двоколійної ділянки $W_{\text{щ}} = 2440$ м^3, при стандартних розмірах шпал, марки Ш-1-1 або Ш-1-2. Виходячи із звичайної пропорції маємо формули розрахунку для наших варіантів на Ш2С:

$$W_{\text{щ}-\text{КПП}-5} = \frac{W_{\text{щ}} \cdot l_{\text{Ш2С}}}{l_{\text{Ш}-1-1}} = \frac{2440 \cdot 2.85}{2.7} = 2576 \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

$$W_{\text{щ}-W30} = \frac{W_{\text{щ}} \cdot l_{\text{Ш2С}}}{l_{\text{Ш}-1-1}} = \frac{2440 \cdot 2.744}{2.7} = 2480 \text{ м}^3 \quad (4.5)$$

$$\Delta = W_{\text{щ}-\text{КПП}-5} - W_{\text{щ}-W30} = 2576 - 2480 = 96 \text{ м}^3$$

Таким чином, економія щебеню 96 м^3 на один кілометр. Для залізниць І категорії використовують щебінь фракції 25-60 мм. Із відкритих джерел інтернету середня цінова категорія такого щебеню коштує 720 грн, а маса $m_{\text{щ}} = 1.41$ т/м^3.

Тоді маємо можливість дізнатись економію вантажоперевезень у масі щебеню та фінансову вигоду у гривнях з наступних формул:

$$E_{\text{нщ}} = E_{\text{щ}} \cdot \Delta = 720 \cdot 96 = 69120 \text{ грн/км} \quad (4.6)$$

$$E_m = m_{\text{щ}} \cdot \Delta = 1.41 \cdot 96 = 135.4 \text{ т} \quad (4.7)$$

Підсумовуючи отримані дані, маємо 69.120 тис грн фінансової вигоди тільки на щебені, та вилучення 135.4 тони щебеню, у порівнянні з варіантом на КПП-5.

В загальному висновку всього розділу можна зазначити, що при використанні більш нової моделі скріплень компанії «Vossloh» марки W30 маємо економію майже в 26 т бетон/арматури на км, 135.4 т щебню. Фінансова вигода у сумі складає 105.6 тис грн/км.

5 УНІВЕРСАЛЬНИЙ СПОСІБ ВКЛАДЕННЯ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ В СУМІЩЕНІЙ КОЛІЇ

5.1 Основні моменти універсального способу вкладення стрілочного переводу в суміщеній колії

В даному розділі розглядається відповідний універсальний спосіб укладання стрілочного переводу в суміщеній колії.

З попередніх розділів стало зрозуміло, що такі схеми як №1, 4, 5, 7 не можливо реалізувати за умови використання скріплення КПП-5, яке наразі є основним в такому типі суміщених колій по залізницям України. Отже маємо основну проблему – це замала відстань між рейками, для забезпечення габариту встановлення та роботи скріплень КПП-5. Достатня та мінімальна відстань між рейками повинна складати не менше стандартного відношення 400/485 мм.

Отже, задля реалізації наведених раніше чотирьох варіантів розміщення рейок необхідно досягти мінімальне установлене значення – 400 мм.

Як універсальний спосіб рішення цієї проблеми, розглядається S-подібна крива, за допомогою якої можна досягти необхідних значень, аби можна було застосувати необхідне скріплення КПП-5.

Однією із основних задач S-подібної кривої на залізницях України є збільшення міжколійної відстані за вимогою габариту на станції, при побудові острівної платформи чи тимчасового моста на об’їзді. В даному випадку S-подібна буде використана також для збільшення відстані, але не міжколійної, а міжрейкової.

В даному випадку місце має відгалуження, тому деякі параметри стрілочного переводу будуть узяті із попередніх розрахунків, щоб зберегти основну колію.

Приймається за основу ідеї та розрахунку, що дана S-подібна крива буде відноситись до паралельного зміщення колії з перехідними кривими. Тобто будемо мати два однакових кути повороту, довжини кривої, радіуси.

Приймається мінімум зони стабілізаційного руху – 25… 50 м.

Таким чином, план ділянки ділиться на чотири зони:

1. Зона S-подібної кривої на дерев'яних шпалах, що розраховується;

2. Зона стабілізації руху поїзду – 25 … 50 м;

3. Зона стрілочного переводу із вплетеною колією європейського стандарту 1435 мм;

4. Знову зона S-подібної кривої на дерев'яних шпалах, що розраховується.

Зона S-подібної за стрілочним переводом буде аналогічною до тієї, що перед ним. Її основне завдання полягає в поверненні колії до стандартних відношень 400/485 мм.

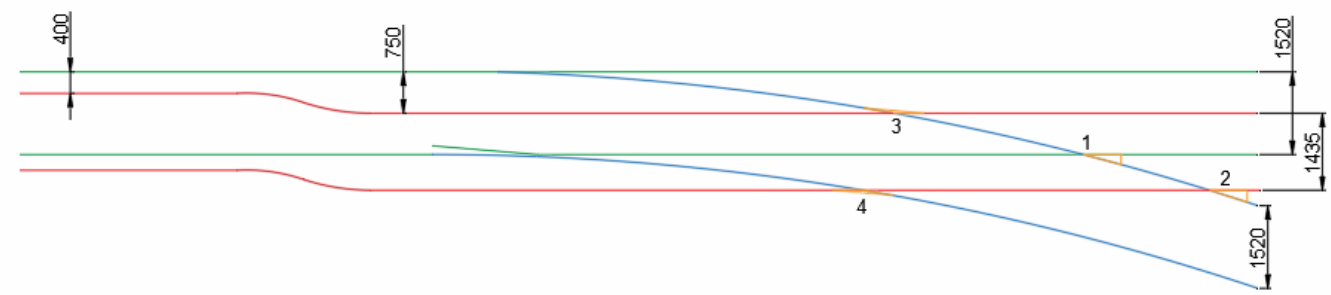


Рисунок 5.1 – Схематичне зображення стрілочного переводу типу Р65, марки 1/11, колії 1520 мм в суміщеній колії, із зміщенням колії 1435 мм за допомогою S-подібної

5.2 Методично-конструктивні вказівки по розрахунку та побудові S-подібної кривої

5.2.1 Основні положення по розрахунку по побудові S-подібної кривої

До основних параметрів, що визначаються на ділянці зміщення при проектуванні обхідної колії відносяться кут повороту b в межах кривої, (він же є кутом нахилу прямої вставки між зворотними кривими), а також повна довжина ділянки переходу з початкової колії на зміщену. Одночасно визначається ряд величин, необхідних для розбивки і закріплення плану ділянки об'їзду на місцевості. Ці параметри визначаються шляхом сумісного вирішення рівнянь проекцій розрахункового контуру на вертикальну і

горизонтальну вісь. Під розрахунковим контуром мають на увазі ділянку переходу з існуючої колії на зміщену, початок якої знаходиться на вихідній колії, а кінець на колії, що розташована на заданому зміщенні [14].

Розрахунковим контуром (рис. 5.2) буде колія між точками $ABCB_1A_1$. Рівняння проекцій цього контуру будуть такими:

$$L = R\sin\beta + d\cos\beta + R\sin\beta = 2R\sin\beta + d\cos\beta \quad (5.1)$$

$$E = 2R(1 - \cos\beta) + d\sin\beta \quad (5.2)$$

При паралельному розміщенні основної і обхідної колії лівий і правий контури зміщення будуть симетричними. Тому рівняння (5.1) і (5.2) будуть однаковими для обох контурів.

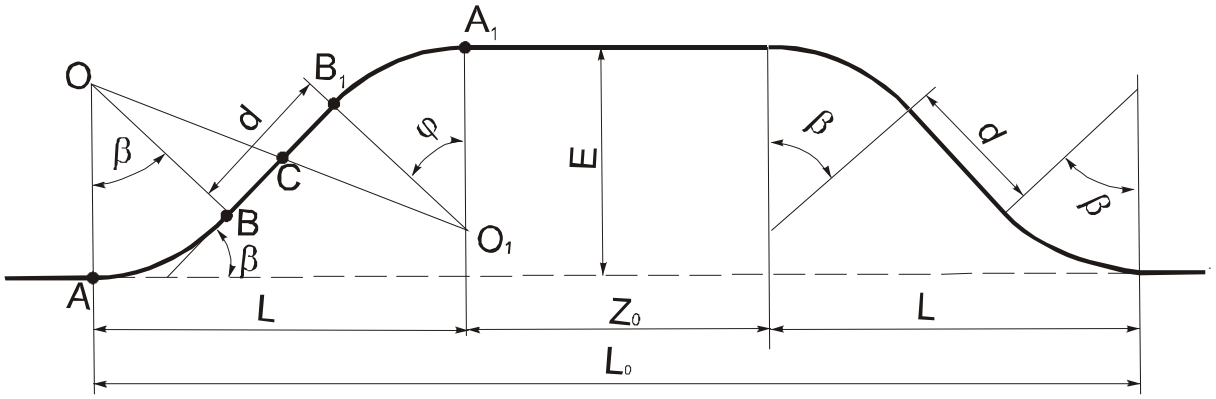


Рисунок 5.2 – Схема колії на об’їзді при паралельному розміщенні основної та обхідної колій

Прямі вставки між кривими при будівництві нових ліній, других колій, об'їздів, при капітальному ремонті колії доцільно приймати по можливості більшої довжини, але, не менше вказаних в (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Мінімальна довжина прямої вставки між початковими точками перехідних кривих

Категорія лінії	Довжина вставки між кривими (м), що направлені			
	в різні сторони в умовах:		в одну сторону в умовах	
	нормальних	важких	нормальних	важких

Швидкісна	150	100	150	100
I-II категорії	150	50	150	75
III - VI категорії	75	50	100	50
VII категорії	50	30	50	30

2. Для ліній VI, VII категорій у особливо важких умовах дозволяється зменшувати пряму вставку між перехідними кривими до 20 м.

3. На під'їзних коліях, що обслуговуються маневровим порядком, а у важких умовах при поїзному русі зі швидкостями не вище 25 км/год, а також на тимчасових дільницях траси, які споруджуються на період будівництва, прямі вставки між перехідними кривими допускається не влаштовувати. При відсутності перехідних кривих прямі вставки допускається не влаштовувати, якщо не передбачається підвищення зовнішньої рейки.

Мінімальні розміри прямих вставок повинні забезпечуватись між початковими точками перехідних кривих, а при їх відсутності кругових кривих (рис. 5.2). Виходячи з цього будівельні вставки на контурі зміщення з врахуванням перехідних кривих повинні бути

$$d_c = d + 2m, \tag{5.3}$$

де d – пряма вставка між круговими кривими;

m – збільшення тангенсу кругової кривої при влаштуванні перехідної кривої. Приблизно при довжині перехідної кривої $l_0 \leq 120$м $m = l_0/2$.

При розрахунках ділянки зміщення з розбивкою перехідних кривих доцільно перевірити можливість влаштування мінімальної допустимої довжини кругової кривої, що залишається між двома перехідними кривими.

Рішення рівнянь (5.1) і (5.2) для показаної на (див. рис. 5.1) схеми і подібних рівнянь для інших схем на ділянках зміщень або розгалуження колії дає практичні вирази, що наведені в наступних розділах.

5.2.2 Паралельне зміщення колії без влаштування перехідних кривих

Схема паралельного зміщення без перехідних кривих, що наведена на (рис. 5.3 а), являється елементом загальної схеми зміщення, наведеної на (див. рис. 5.2).

Для її розрахунку задаються величиною зміщення *E*, у відповідності до рекомендацій, наведених у розділі 3, вибирають радіус *R* і, згідно (див. табл. 5.1), пряму вставку *d*.

Визначаються: *β, L, K, T*.

Кут β визначається з розгляду проекції контуру *ABCO* на вертикаль – $AF + FO = R$.

Відрізок *AF* представляє собою проекцію контуру *ABC* і дорівнює *E/2* в зв'язку с симетричністю контурів *ABC* і CB_1A_1.

Відрізок *FO* визначається з розгляду трикутників *OFC* і *OBC*

$$FO = OC \cdot \cos\gamma = \frac{OB}{\cos\psi} \cdot \cos\gamma = \frac{R}{\cos\psi} \cdot \cos\gamma \qquad (5.4)$$

Тоді:

$$\frac{R \cdot \cos\gamma}{\cos\psi} + \frac{E}{2} = R \qquad (5.5)$$

Після перетворень маємо:

$$\cos\gamma = \left(1 - \frac{E}{2R}\right)\cos\psi \qquad (5.6)$$

а кут β буде дорівнювати:

$$\beta = \gamma - \psi \qquad (5.7)$$

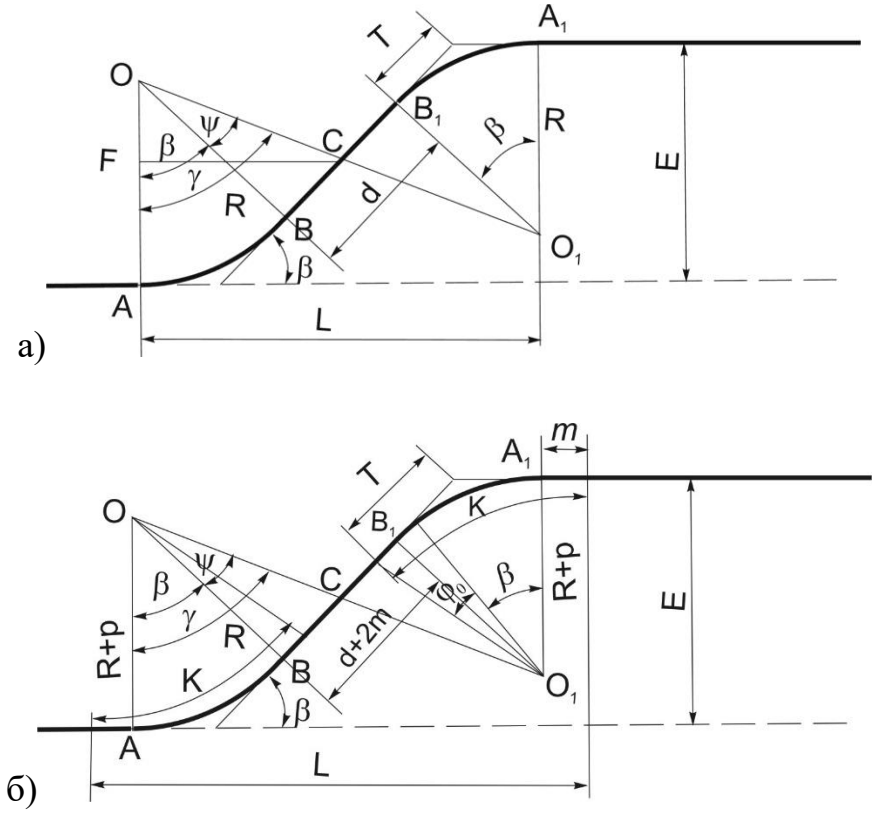


Рисунок 5.3 – Схеми паралельного зміщення колії: а) без перехідних кривих, б) з перехідними кривими

Допоміжний кут tg ψ можна визначити з трикутника *OBC*:

$$\text{tg}\psi = \frac{d}{2R}. \tag{5.8}$$

Довжина кривої *K*, її тангенс *T* і довжина зміщення *L* визначаються із таких виразів:

$$\left.\begin{aligned} K = \beta^{рад} R = \frac{\pi}{180}\beta^{o} R = 0{,}017453 \cdot \beta^{o} \cdot R \\ T = R \cdot tg\frac{\beta}{2}; \\ L = 2R\,sin\,\beta + d\,cos\,\beta \end{aligned}\right\} \tag{5.9}$$

Доцільно провести перевірку правильності виконаних обчислень за формулою:

$$E - (2T + d)\,sin\,\beta = 0. \tag{5.10}$$

За цими ж формулами проводять розрахунки зміщення, якщо зворотні криві розміщують без прямої вставки, тобто при $d = 0$.

Аналогічно отримуємо рівняння для визначення параметрів об'їзду при інших наведених далі схемах.

5.2.3 Паралельне зміщення колії з влаштування перехідних кривих

Дано (або визначено за розрахунками згідно схеми (рис. 5.2)) *E, R, m,* l_o, *p, d*.

Знаходимо: β, *L, K, T*.

Схема зміщення колії із застосуванням перехідних кривих наведена на (рис. 5.3б) і відрізняється від попередньої наявністю перехідних кривих біля кожної кругової кривої.

Тому, на відміну від попереднього розрахунку, після вибору *R* і *d* у відповідності до рекомендацій доцільно встановити підвищення зовнішньої рейки і основні параметри перехідної кривої. До них відносяться довжина перехідної кривої l_o, зміщення кругової кривої при влаштуванні перехідних кривих *p*, відстань від початку перехідної кривої до проекції нового центра кривої *m*.

Маємо наступні формули для розрахунків:

$$\left.\begin{aligned} &\operatorname{tg}\psi = \frac{d+2m}{2\left(R+p\right)} \\ &\cos\gamma = \left(1-\frac{E}{2\left(R+p\right)}\right)\cos\psi \\ &\beta = \gamma - \psi \\ &K = \beta^{рад}\cdot R + l_o = 0{,}017453\cdot\beta^{o}\cdot R + l_o \\ &T = \left(R+p\right)\cdot\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} + m \\ &L = 2\left(R+p\right)\sin\beta + \left(d+2m\right)\cos\beta + 2m. \end{aligned}\right\} \qquad (5.11)$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків виконується шляхом перевірки рівняння:

$$E - (2T + d)\,sin\,\beta = 0 \qquad (5.12)$$

В наведених формулах позначено: p – зміщення кругової кривої при влаштуванні перехідної кривої:

$$p = \frac{l_0^2}{24R} \tag{5.13}$$

$$m = \frac{l_0}{2}\left(1 - \frac{l_0^2}{120R^2} + \frac{l_0^4}{1780R^4} - \cdots\right) \approx \frac{l_0}{2} \tag{5.14}$$

Після знаходження кута β доцільно перевірити можливість розбивки перехідних кривих і при доцільності змінити ті чи інші параметри зміщення.

При невиконанні умови розміщення між двома перехідними кругової кривої L_{min} достатньої довжини, доцільно розглянути питання щодо зміни зміщення E, або переглянути значення перехідної кривої (l_0), радіусу (R), довжини прямої вставки (d) та довжини кругової кривої (L_{min}), однак не виходячи за межі їх допустимих величин.

Так, прийнявши:

$$\beta = \beta_{min}\frac{l_o + L_{min}}{R} \tag{5.15}$$

можна за формулою (5.2) знайти зміщення E_{min}, при якому можлива розбивка перехідних кривих.

Можна розглянути питання щодо зменшення довжини прямої вставки або довжини перехідної кривої, прийнявши крутизну відводу підвищення зовнішньої рейки як для важких умов. Зменшення довжини перехідної кривої можна здійснити і за рахунок зменшення підвищення зовнішньої рейки. Тому доцільно уважно розглянути і проаналізувати цей показник. Може виявитись доцільним для зменшення підвищення зовнішньої рейки збільшити радіус кривої або зменшити максимальну швидкість руху. При цьому доцільно зазначити, що збільшення радіуса кривої веде, як видно з (5.15), до зменшення мінімально допустимого кута β_{min}.

Для зменшення мінімального кута β_{min}в ряді випадків може виявитись доцільним скорочення з 30 до 15 м мінімальної довжини кругової кривої, що залишається після влаштування перехідних кривих.

Після цього встановлюються решта розмірів ділянки зміщення, детально розраховується підвищення зовнішньої рейки, елементи перехідних кривих і розкладка укорочених рейок.

5.2.3 Визначення радіуса кривих

Правильний вибір оптимального радіуса кривих (звичайно він приймається однаковим для всіх кривих на об'їзді) з врахуванням всіх затрат і забезпечення комфортабельності їзди для пасажирів становить собою складну техніко-економічну задачу.

В даній роботі задача вирішується більш вузько. При розрахунку обхідних колій, схеми яких наведені на (див. рис. 5.3), доцільно знайти такий мінімальний радіус кривої, при якому можна зробити підвищення зовнішньої рейки над внутрішньою, що задовольняє техніко-економічним вимогам і умовам комфортабельності їзди пасажирів.

Техніко-економічним вимогам відповідає таке підвищення, при якому сукупність всіх поїздів, що рахуються по кривій, діє однаково на кожну рейкову нитку. При цьому підвищенні на поїзд, що рухається по кривій з середньоквадратичною зваженою по тоннажу швидкістю, значення непогашеного поперечного прискорення дорівнює нулю.

Для забезпечення комфортабельності їзди при цьому ж підвищенні на пасажирів поїзду, що рухається з найбільшою допустимою швидкістю, повинне діяти непогашене прискорення не більше 0,7 м/с^2 . Прискорення 0,7 м/с^2 є максимальним значенням, при якому ще забезпечується комфортабельність їзди.

Прирівнюючи одне до другого значення підвищення, що забезпечує однаковий вертикальний вплив на обидві рейки, і мінімальне підвищення, при якому забезпечується комфортабельність їзди з допустимим прискоренням $a_{нп}$=0,7 м/с^2, одержимо формулу для розрахунків потрібного оптимального значення радіуса:

$$R_o = \frac{12.5 \cdot (V_{max}^2 - V_{ср}^2)}{115} \quad (5.16)$$

Оскільки ця формула одержана при умові, що значення радіуса обмежується величиною допустимого непогашеного прискорення $[a_{нп}]$=0,7 м/с^2 доцільно перевірити яке при цьому буде підвищення зовнішньої рейки кривої виходячи з першого критерія.

Якщо $h_р < h_{доп}$ = 150 мм, то це значить, що обмежуючим критерієм дійсно є $[a_{нп}]$. В цьому випадку рахунки визначення радіусу закінчують, а одержаний радіус дійсно являється найменшим оптимальним.

Якщо виявиться, що $h_р > h_{доп}$, то обмеження наступає не по $[a_{нп}]$, а по допустимому значенню підвищення. В такому випадку доцільно прийняти $h_р = h_{доп}$ і знайти мінімальний радіус, при якому підвищення дорівнюватиме допустимому, за формулою:

$$R_O = \frac{12{,}5V_{ср}^2}{h_p}. \quad (5.17)$$

Зміст оптимального радіуса наглядно видно з розгляду графіка на (рис. 5.4). На ньому для прикладу наведені залежності $h_р = f(R, V_{ср})$ і $h_{min} = f(R, V_{max})$ при конкретних двох значеннях швидкості руху: максимальної – 100 км/год і середньозваженої – 60 км/год. Точка перетину ліній h і h_{min} визначає оптимальне значення радіуса. При такому значенні радіусу підвищення, визначене по кожному з критеріїв буде однаковим. Для інших швидкостей можна скористатися наведеними в додатку А на (рис. А.4) графіками, які відрізняються від (див. рис. 5.4) різним розташуванням осей h та R. Вирішити поставлену задачу можна також за допомогою наведеної в додатку А на (рис. А.5) номограми шляхом проведення умовної лінії через точки, що відповідають швидкості 100 км/год на шкалі максимальних швидкостей та 60 км/год на шкалі середньозважених швидкостей. На пересіченні цієї умовної лінії зі шкалою радіусів визначається «оптимальний» радіус кривої.

На залізницях України у відповідності до проекту норм прийняті такі стандартні значення радіусів кругових кривих: 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350, 300, 250, 200, 180, 150 м.

Нормами встановлені сфери застосування кривих з такими радіусами в залежності від категорії колій та умов експлуатації (звичайні, важкі, особливо важкі). Ці дані наведені в (табл. 5.2).

Величина радіуса R одержана з виразу (5.16) або (5.17) для звичайних умов, округлюється до ближчого стандартного значення, яке далі приймається як розрахункове. В важких і особливо важких умовах за розрахункове приймають значення радіуса, що допускається для цих умов по (див. табл. 5.2).

При підрахунках середньозваженої швидкості, враховуються швидкості всіх поїздів згідно з завданням.

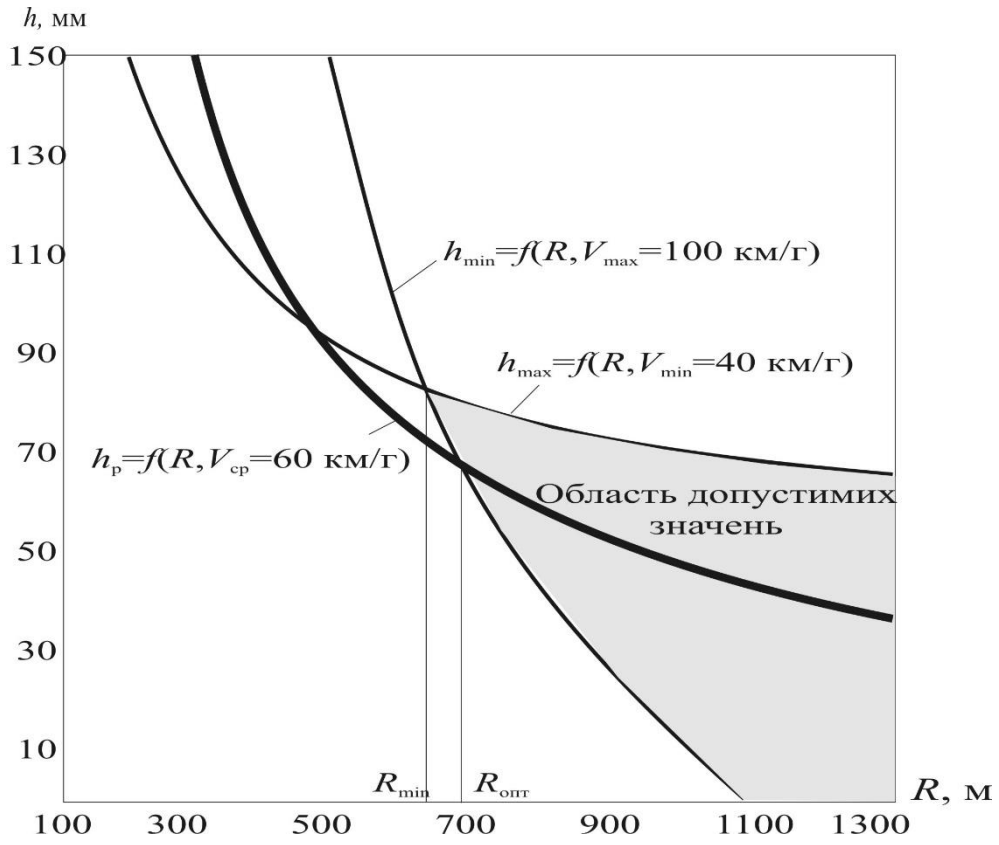


Рисунок 5.4 – Принципова схема визначення «оптимального» радіусу кривої

Таблиця 5.2 – Радіуси кривих в плані, м

Категорії лінії, під'їзної колії	Рекомендовані	Допустимі		
		у важких умовах	в особливо важких умовах	за погодженням з Укрзалізницею
швидкісна	4000-3000	2500	1200	800
I-II	4000-2500	2000-1500	1000	600
III-IV	4000-2000	1500	800	400
V-VI	4000-1200	800	600	300
VII	2000-1000	600	300	200
під'їзні колії	2000-600	500	200	150
з'єднувальні колії	2000-350	250	200	150

Тоді може виявитися, що найбільша швидкість пасажирських поїздів буде близькою до швидкості руху вантажних поїздів і до середньоквадратичної. При малій різниці між $V_{ср}$ і V_{max} оптимальний радіус буде невеликим і може прийматися як для особливо важких умов (див. табл. 5.2).

В такому разі доцільно радіус зворотних кривих на відгалуженні прийняти рівним або близьким до радіуса бічної колії стрілочного переводу. Округлення радіуса до найближчого стандартного значення можливе як в меншу так і в більшу сторону (що більш доцільно) по відношенню до радіуса бокової колії стрілочного переводу. У випадку, коли радіус обхідної колії приймається меншим, ніж радіус переводної кривої стрілочного переводу, доцільно передбачити підвищення зовнішньої рейки.

При такому підході до вибору радіуса пасажирські поїзди будуть проходити по кривій з реалізацією прискорення меншого, ніж допустиме 0,7 м/с^2.

5.2.4 Призначення і форма перехідних кривих

Довжина перехідної кривої визначається рядом умов, зв'язаних з відводом підвищення зовнішньої рейки в межах перехідної кривої, наявності

зазорів між гребенями коліс і рейками, необхідністю забезпечення практичної можливості розбивки і подальшого утримання перехідної кривої.

Наведемо тут лише два критерії вибору довжини перехідної кривої, що дають найбільше її значення.

1. Недопущення сходу коліс з рейок у випадку заклинювання ресор при жорсткій колії. В цьому випадку довжина перехідної кривої (l_o, м) визначається з умови:

$$l_O \geq \frac{h}{[i]}, \tag{5.18}$$

де h – підвищення зовнішньої рейки, мм;

[i] – максимальний ухил відводу підвищення, який забезпечує безпеку від сходу коліс з рейок внутрішньої нитки, ‰.

Для найбільш довгобазних існуючих візків (L = 4,6 м) та встановленої ПТЕ висоті гребеня колеса m = 28 (30) мм, максимальний ухил не повинен перевищувати 6,5 ‰.

2. Обмеження вертикальної складової швидкості підняття (спуску) колеса по зовнішній рейці. Ця складова не повинна бути більше допустимої.

При малій довжині перехідної кривої взаємодія колеса і рейки зовнішньої нитки в межах відводу підвищення зовнішньої рейки близька до ударної. Щоб не допустити цього обмежують вертикальну складову швидкості підняття колеса величиною f.

На наших залізницях для нормальних умов прийнято значення $f = 28$мм/с або 1/10 км/год, у важких умовах допускається $f = 35 мм/с = {}^{1}/_{8}\, км/год$.

У відповідності з цими значеннями довжина перехідної кривої для нормальних і важких умов експлуатації відповідно визначається за формулами:

$$\left.\begin{matrix} l_0 \geq 10 V_{max} h \\ l_0 \geq 8 V_{max} h \end{matrix}\right\}, \tag{5.19}$$

де l_o і h в м, V_{max} – в км/год.

З двох значень l_o, знайдених за формулами (5.18) і (5.19), вибирають більше значення довжини перехідної кривої.

При проєктуванні одноколійних ділянок та зовнішньої колії двоколійних ліній при швидкості руху до 100 км/год рекомендується визначати l_o, виходячи з ухилу відводу i=1‰ за формулою:

$$l_o = 1{,}0h. \tag{5.20}$$

При швидкості руху 140 км/год $l_o = 2{,}0h$, а в складних умовах $l_o = 1{,}43h$.

Довжина перехідної кривої $l_{вн}$ на внутрішній колії двоколійної ділянки визначається за формулою:

$$l_{вн} \geq \sqrt{24Rd + l_з^2}, \tag{5.21}$$

де R – радіус кривої, м;

d – розширення міжколійя в кривій, м;

$l_з$ – довжина перехідної кривої зовнішньої колії, м.

Знайдене у розрахунках значення довжини перехідної кривої доцільно округлити до величини кратної 10 м. Мінімальна довжина перехідних кривих повинна бути не менше 20 м.

За значенням радіуса кругової кривої і довжіні перехідної кривої знаходять параметр перехідної кривої $C = l_o R$.

5.2.5 Розрахунки розбивки перехідних кривих

Розбивка перехідних кривих може бути здійснена такими способами:

- зміщення центра кривої без зміни радіуса;
- зменшення радіуса без зміни центра кривої;
- способом М. В. Харламова.

Найбільше розповсюдження одержав перший і останній з названих способів. Звичайно метод зміщення центра застосовується на нових лініях. В

умовах експлуатації його можна використовувати при можливості здійснення потрібних зміщень колії. На діючих лініях частіше користуються способом М. В. Харламова, оскільки він дає можливість розбивки перехідних кривих при найменших зміщеннях колії.

Нижче приводиться розрахунок розбивки кривої способом зміщення центра.

Для здійснення розбивки доцільно знати основні елементи (рис. 5.5):

T_c – сумарний тангенс кривої;

$Б_c$ – сумарна бісектриса;

K_c – повна довжина кривої з перехідними кривими;

m – відстань від початку перехідної кривої до проекції нового центра кривої;

m_0 – відстань від початку перехідної кривої до тангенсного стовпчика кругової кривої;

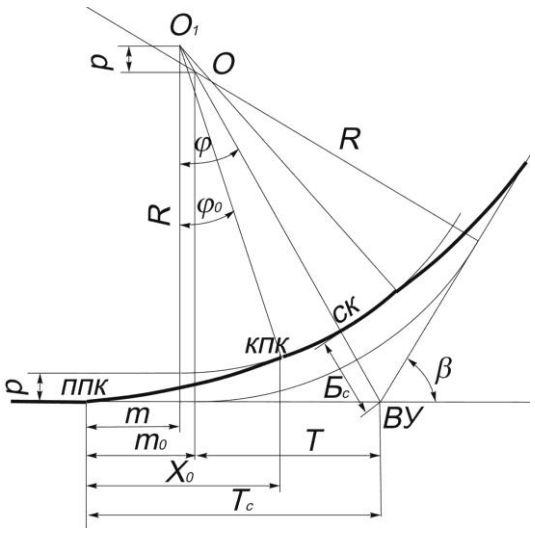


Рисунок 5.5 - Основні елементи перехідної кривої: ППК – початок перехідної кривої; КПК – кінець перехідної кривої; СК – середина кривої; ВУ –вершина кута повороту.

p – зміщення кругової кривої в нове положення.

Кут повороту перехідної кривої ϕ_0 знаходять за формулою:

$$\phi_0 = \frac{l_0^2}{2C} = \frac{l_0}{2R}. \quad (5.22)$$

Відстані m та p визначаються за формулами:

$$m = x_0 - R\,sin\,\phi_0, \quad (5.23)$$

$$p = y_0 - R(1 - cos\,\phi_0) = y_0 - 2R\,sin^2\frac{\phi_0}{2}, \quad (5.24)$$

де x_0 – абсциса, що відповідає повній довжині перехідної кривої

(рис. 5.4);

y_0 – ордината кінця перехідної кривої; визначається за формулою при $l = l_0$.

Приблизні значення *m*, *p* можуть бути отримані з виразу:

$$p = \frac{l_0^2}{24R},\ m \approx \frac{l_0}{2}\,. \tag{5.25}$$

Розбивка перехідних кривих можлива лише за умови:

$$R(\beta - 2\phi_0) \geq L_{min}, \tag{5.26}$$

де β – кут повороту лінії;

R – радіус кривої;

ϕ_o - кут повороту лінії в межах перехідної кривої;

$L_{\min}$ – мінімальна допустима довжина кругової кривої, що залишається між двома перехідними кривими.

Якщо немає конкретних даних або умов, приймають L_{min}, у важких умовах L_{min}. Можна допустити L_{min} при умові, що сума уклонів відводів підвищення зовнішньої рейки $i_1 + i_2$, не перевищує $^1/_{10}\,V_{max}$.

Значення решти елементів кривої визначаються за відомим формулами:

$$m_0 = m + ptg\frac{\beta}{2}, \tag{5.27}$$

$$T_c = (R + p)tg\frac{\beta}{2} + m, \tag{5.28}$$

$$Б_c = R\left(sec\frac{\beta}{2} - 1\right) + p\,sec\frac{\beta}{2}, \tag{5.29}$$

$$K_c = l_0 + \frac{\pi R\beta}{180^0}. \tag{5.30}$$

Для розбивки на місцевості перехідної кривої і зміщеної кругової кривої доцільно обчислити координати окремих точок вказаних кривих за наведеними вище рівнянням.

На практиці значення координат визначають по таблицях для розбивки залізничних кривих. При відсутності таблиць координати перехідної кривої x

і y, можна визначати за формулами, приймаючи довжину відрізків від початку перехідної кривої кратну 10 або 20.

При виконанні курсової роботи на першому етапі визначаються тільки основні параметри перехідних кривих (φ_o, m, p). Детальні розрахунки розбивки доцільно зробити під час загальної компоновки всього об'їзду і внесення можливих при цьому поправок в прийняті рішення.

5.2.6 Математичні розрахунки наданої конструкторської пропозиції

По прямому напрямку стрілочного переводу існує встановлена швидкість. Дана швидкість повинна бути використана для розрахунку S-подібної кривої.

Так як S-подібна крива на дерев'яних шпалах, то підвищення зовнішньої рейки за умови присутності чотирьох рейок неможливе.

Допустиме непогашене прискорення $а_{нп} = 0.3\ м/с^2$ – для вантажних, $а_{нп} = 0.7\ м/с^2$ – для пасажирських. Швидкість пасажирського поїзду приймаємо $V_п = 100$ км/год, а швидкість вантажного поїзду приймаємо $V_в = 80$ км/год. Тоді радіус кривої:

$$R_п = \frac{V_п^2}{а_{нп}} = \frac{27.78^2}{0.7} = 1102\ м$$

$$R_в = \frac{V_в^2}{а_{нп}} = \frac{22.22^2}{0.3} = 1646\ м$$

З двох радіусів приймаємо більший та округлюємо до 100 м – 1700 м. Отже, радіус S-подібної кривої $R = 1700$ м. Так як це паралельне переміщення, то в даному випадку радіус буде однаковий в обох випадках.

Виходячи із схеми (див. рис. 5.1), визначимо зміщення осі колії за формулою:

$$Е = 750 - 400 = 350\ мм$$

Таким чином, перед тим, як визначити довжину S-подібної кривої маємо початкові дані: $\text{Е} = 350$ мм; $R = 1700$ м; $V_{\text{п}} = 100$ км/год; $V_{\text{в}} = 80$ км/год.

Відповідно до пункту 2.1.5 «Інструкції ЦП-269» перехідні криві можуть не влаштовуватись, якщо різниця кривизни не перевищує 1/3000 при швидкостях до 120 км/год. Це означає в нашому проекті обов'язково повинна бути перехідна крива.

Мінімальна довжина перехідних кривих залежить від радіуса кругової кривої та максимальної швидкості руху поїздів. Відповідно до (табл. 2.4) інструкції ЦП-269, при $R = 1700$ м та $V_{max} = 100$ км/год мінімальне значення перехідної кривої $l_{0min} = 20$ м.

Довжина перехідної не повинна бути меншою величин, зазначених в таблиці.

Таблиця 5.3 – Мінімальна довжина перехідної кривої залежно від радіусу кругової кривої та максимальної швидкості руху поїздів

Радіус кругової кривої, м	Максимальна швидкість руху поїздів, км/год		
	100	120	140
≥ 2500	20	20	40
від 2500 до 1900	20	30	50
від 1900 до 1500	20	40	60
від 1500 до 1200	30	50	80
від 1200 до 900	40	60	-
<900	50	-	-

Існує вимога щодо допустимої швидкості зміни непогашеного прискорення. Ця величина не повинна бути вищою за $\psi = 0{,}6$ м/с^3, тому потрібно перевірити величину перехідної кривої.

Таблиця 5.4 – Класифікація напрямків за критеріями безпеки, плавності й комфортабельності їзди

Характеристика напрямку	Максимальне допустиме непогашене	Максимальна допустима зміна	Максимальна допустима швидкість	Максимальна допустима крутизна

		прискорення $a_{\text{нп}}$, м/с^2	непогашеного прискорення за одиницю часу ψ, м/с^3	підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки f_v, мм/с	відводу підвищення зовнішньої рейки $i_{\text{в}}$, ‰
І-ПС	Суміщений рух прискорених пасажирських з вантажними збірними і приміськими поїздами	$a_{\text{нп,пас}} = 0.7$ $a_{\text{нп,вант}} = 0.3$	$\psi = 0.6$	$f_v = 30$	$i_{\text{в}} = 0.67$

Довжина перехідної кривої встановлюється за умови забезпечення:

1. відводу підвищення зовнішньої рейки, що визначається швидкістю підйому колеса по відводу зовнішньої рейки. Але в нашому випадку підвищення зовнішньої рейки неможливе.

2. відводу кривизни, що визначається швидкістю наростання поперечного непогашеного прискорення ψ за формулою:

$$l_0 = \frac{a_{\text{нп}} \cdot V_{max}}{3.6 \cdot [\psi]} \tag{5.31}$$

Тоді:

$$l_0 = \frac{0.7 \cdot 100}{3.6 \cdot 0.6} = 32 \text{ м}$$

Округлюємо значення перехідної кривої, воно повинне бути кратне 10 м, тобто $l_0 = 40$ м. Довжину перехідної кривої, виходячи із розрахунків, обираємо більшу – 40 м.

Визначаємо кут повороту перехідної кривої за формулою (5.22):

$$\varphi_0 = \frac{l_0}{2R} = \frac{40}{2 \cdot 1700} = 0.0118$$

Відстані m та p визначаються за формулами (5.23, 5.24):

$$p = \frac{l_0^2}{24R} = \frac{40^2}{24 \cdot 1700} = 0.039 \text{ м}$$

$$m \approx \frac{l_0}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ м}$$

Визначимо основні геометричні параметри ділянки обхідної колії:

Мінімальна довжина прямої вставки між суміжними круговими кривими для залізниць I категорії колії дорівнює $d = 150$ м, за нормальних умов в кривих одного напрямку.

На основі цих даних знаходимо геометричні параметри за формулою (5.11):

$$\left.\begin{gathered} tg\,\psi = \frac{d + 2m}{2(R + p)} = \frac{150 + 40}{2(1700 + 0.039)} = 0.0559 \\ \psi = arctg(0.0559) = 0.0558 \text{ рад} \\ \cos\gamma = \left(1 - \frac{E}{2(R + p)}\right)\cos\psi = \left(1 - \frac{0.35}{2(1700 + 0.039)}\right)\cos 0.0558 = 0.9983 \\ \gamma = \arccos(0.9983) = 0.0576 \text{ рад} \\ \beta = \gamma - \psi = 0.0576 - 0.0558 = 0.0018 \text{рад} \\ K = \beta \cdot R + l_0 = 0.0025 \cdot 1700 + 40 = 43.08 \text{ м} \\ T = (R + p) \cdot tg\frac{\beta}{2} + m = (1700 + 0.039) \cdot tg(0.0013) + 20 = 21.54 \text{ м} \\ L = 2(R + p) \cdot \sin\beta + (d + 2m) \cdot \cos\beta + 2m = 236.2 \text{ м} \end{gathered}\right\}$$

Перевірка правильності виконаних розрахунків виконується шляхом перевірки рівняння за формулою (5.12):

$$\varepsilon = E - (2T + d)\,sin\,\beta = 0.35 - (2 \cdot 21.54 + 150) \cdot \sin(0.0018) = 0.0025$$

Проаналізувавши перевірку виконаних розрахунків маємо помилку в -0.0025, що супроводжується, скоріше за все, завеликим радіусом 1700 м при перехідній кривій 40 м, що впливає на кінцевий результат.

Отже необхідно знайти оптимальний варіант початкових значень розрахунку радіусу R, зміщення кругової кривої при влаштуванні перехідних кривих p, прямої вставки між кривими d. Змінювати значення радіусу та прямої вставки не можемо.

Зміщення кругової кривої при влаштуванні перехідних кривих залежить від значення перехідної кривої l_0, яке було встановлене за умовою забезпечення відводу кривизни, що визначається швидкістю наростання поперечного непогашеного прискорення $\psi = 0.6\ м/с^3$. Знайдена перехідна крива має лише початкове значення, тобто необхідний мінімум, щоб забезпечити умову. Тоді розглядаємо різні варіанти перехідної кривої, починаючи від 40 м, кратні 10 м.

Складаємо таблицю розрахунків за формулою (5.11), для визначення функції перехідної кривої, щоб виконувалась перевірка правильності розрахунків.

$$f(l_0) = E - (2T + d)\, sin\, \beta = 0 \qquad (5.32)$$

Таблиця 5.5 – Таблиця розрахунків геометричних параметрів S-подібної кривої в залежності від зміни перехідної кривої

R	d	E	l0	p	m	tg ψ	arctg ψ	cos γ	arccos γ	β	K	T	L	ε
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1700	150	0,35	40	0,0392	20	0,0559	0,0558	0,9983	0,0576	0,0018	43,08	21,54	236,16	$1.2 \cdot 10^{-13}$
1700	150	0,35	50	0,0613	25	0,0588	0,0588	0,9982	0,0605	0,0017	52,93	26,47	255,86	$2.32 \cdot 10^{-13}$
1700	150	0,35	60	0,0882	30	0,0618	0,0617	0,9980	0,0633	0,0016	62,80	31,40	275,59	$2.29 \cdot 10^{-14}$
1700	150	0,35	70	0,1201	35	0,0647	0,0646	0,9978	0,0662	0,0016	72,67	36,34	295,34	$1.75 \cdot 10^{-13}$
1700	150	0,35	80	0,1569	40	0,0676	0,0675	0,9976	0,0690	0,0015	82,56	41,28	315,12	$3.59 \cdot 10^{-13}$
1700	150	0,35	90	0,1985	45	0,0706	0,0705	0,9974	0,0719	0,0014	92,45	46,23	334,91	$9.82 \cdot 10^{-14}$
1700	150	0,35	100	0,2451	50	0,0735	0,0734	0,9972	0,0748	0,0014	102,36	51,18	354,72	$9.85 \cdot 10^{-14}$

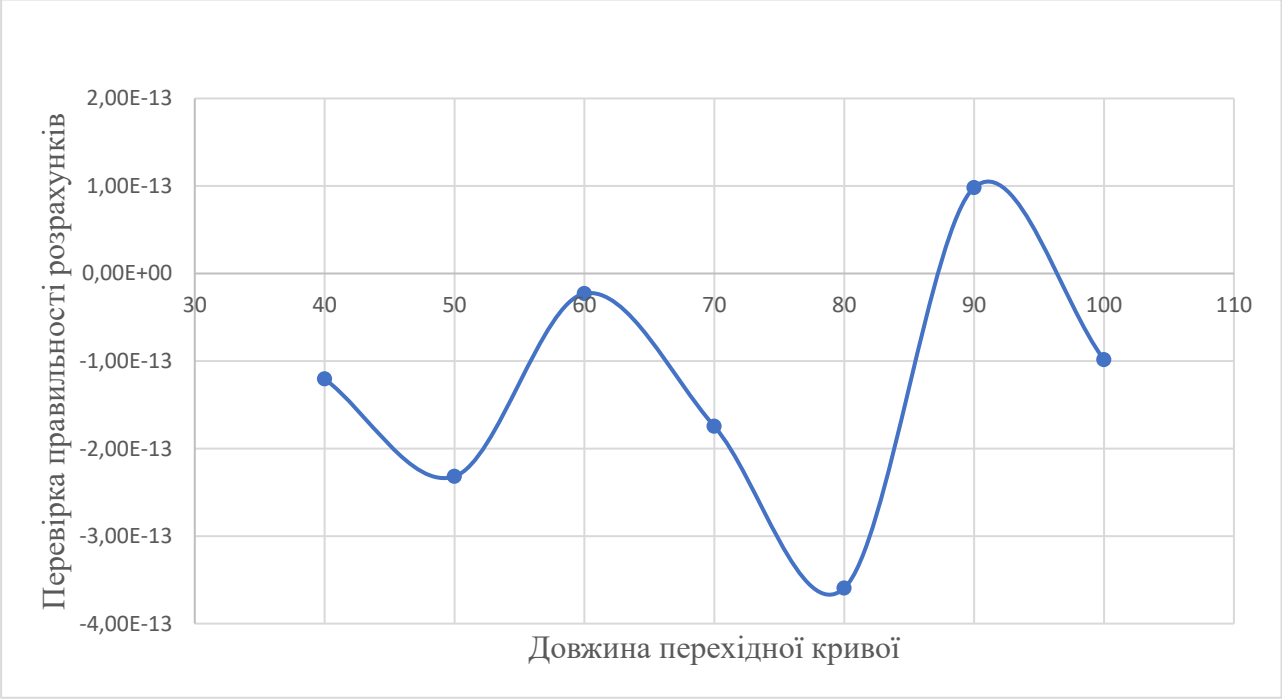


Рисунок 5.6 – Графік залежності перевірки правильності розрахунків S-подібної кривої від довжини перехідної кривої

Отже, більш правильними основними даними для даної S-подібної кривої є:

1. $R = 1700$ м;
2. $p = 0.0882$ м;
3. $d = 150$ м;
4. $l_0 = 60$ м;
5. $m = 30$ м;
6. $\beta = 0.0016$ град;
7. $K = 62.8$ м;
8. $T = 31.4$ м;
9. $L = 275.59$ м;
10. $\varepsilon = 2.29 \cdot 10^{-14}$

Аналізуючи розрахунки з (табл 5.5) та графіку (рис. 5.6), робимо висновок, що більш доречним буде використати перехідну криву довжиною 60 м. Це збільшить на 40 м довжину S-подібну криву, але розрахунки стають більш правильними на 80.92%, ніж при довжині перехідної кривої довжиною 40 м.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. «Розбудова залізничної мережі 1435 як інфраструктурна основа інтеграції українських залізниць до європейської транспортної системи» автори Вернигора Р.В., Гой В. О., Мікульшин С. Е., 2023 р.

2. «Розвиток контрейлерних перевезень в Україні та досвід перевезень в європейських країнах» автор Баланов В. О., 2012 р.

3. «The requirements of tomorrow`s rail transport infrastructure» by Dr. Konstantinos Giannakos, 2004.

4. «Особливості напружено-деформованого стану суміщеної залізничної колії» автори М. Б. Курган, Д. М. Курган, М. Ю. бражник, Д. Л. Ковальський, 2019 р.

5. «Вплив відмінностей європейської та української колійної інфраструктури на знос коліс рухомого складу» автори Курган М. Б., Курган Д. М., Панченко П. В., 2019 р.

6. «Оцінювання витривалості пружних клем рейкового скріплення КПП-5» автори В. І. Грибовська, Р. В. Чепіль, 2013 р.

7. «The Advisability of Using Dual Gauge for Expansion of the International Traffi» by M. Kurhan, D. Kurhan, M. Husak, N. Hmelevska, 2020

8. Державні будівельні норми України «Споруди транспорту залізниці колії 1435 мм. Норми проектування.» ДБН В.2.3-ХХ:202Х автори О. Калінін, канд. техн. наук; С. Мірошніченко, канд. техн. наук; А. Плугін, д-р техн. наук (керівник розробки); Д. Плугін, д-р техн. наук.

9. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм: ДБН В. 2.3. – 19 – 2019 [Текст]/ затв.: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 28.09.2018 №261. – К., 2018. – 126 с.

10. Правила технічної експлуатації залізниць України: ПТЕ [Текст]/ затв.: наказ Мінтрансу України 19. 03.2002. №179 / Мін-во трансп. України. К., 2002.

11. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0269 [Текст]/ Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.Б. Курган, В.О. Яковлев та інші. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012.

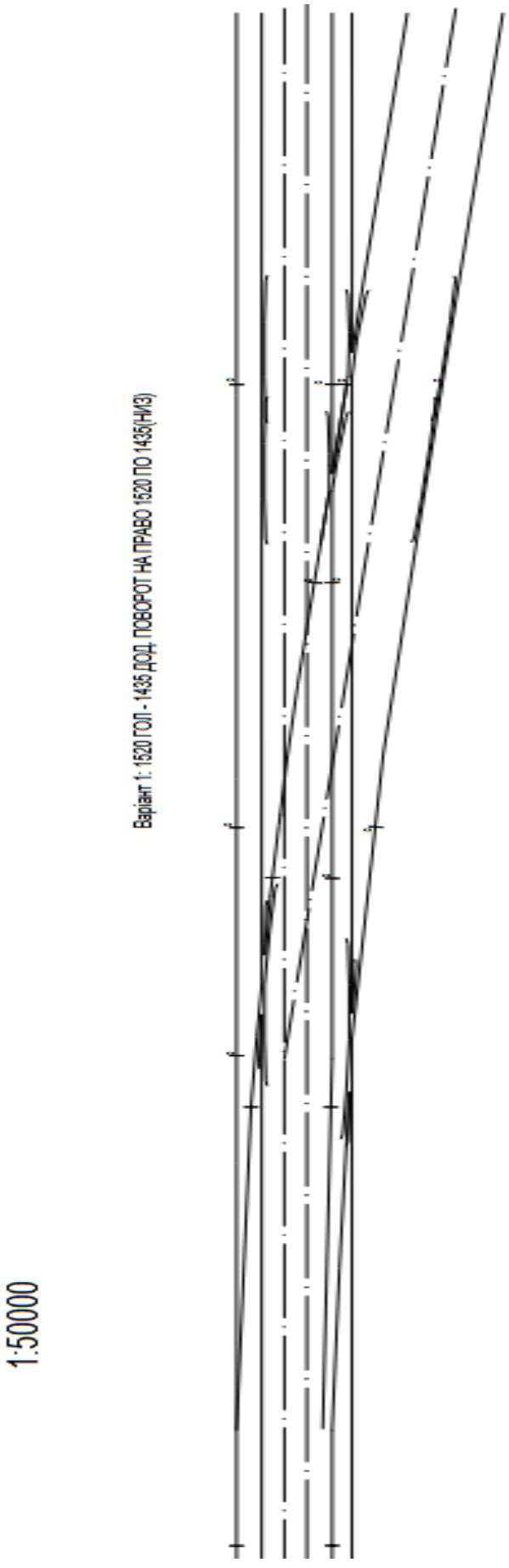
12. ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови», Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016.

13. Джерела на основі інтернет-сайтів:

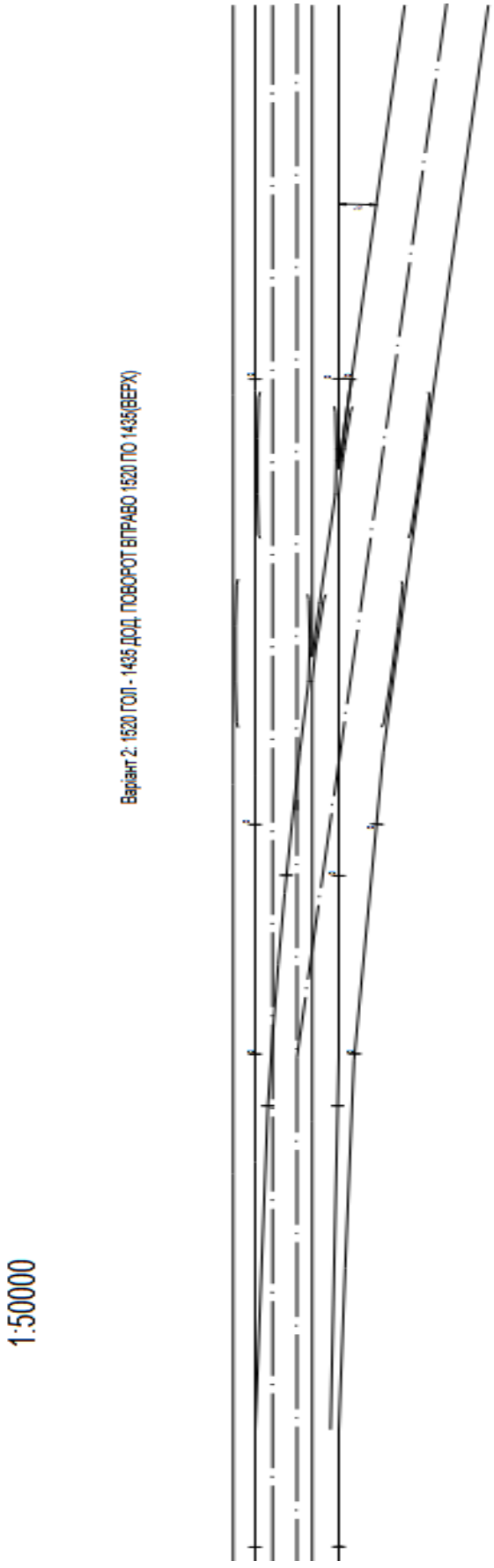
- https://railexpoua.com/novyny/pro-rynok-terminalnykh-posluh-na-zaliznytsi-ukrainy/
- https://www.railwayrail.com/ru/products/uic60-railway-steel-rail/
- https://forsnab.by/informatsiya/sistema-relsovykh-skreplenij-fosslo-vossloh.html

14. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту «Проектування та розрахунок рейкової колії на ділянці обходу» Патласов О.М., Арбузов М. А., Савицький В.В., 2022 р.

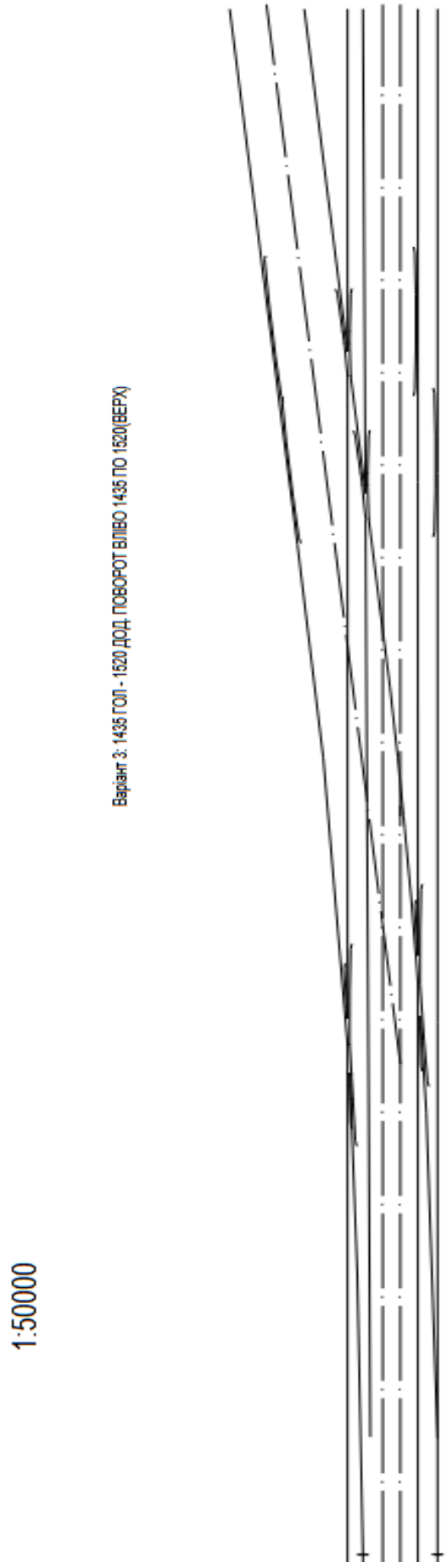
ДОДАТОК А


Варіант 1: 1520 ГОЛ - 1435 ДОД. ПОВОРОТ НА ПРАВО 1520 ПО 1435(НИЗ)
1:50000

ДОДАТОК Б


Варіант 2: 1520 ГОЛ - 1435 ДОД ПОВОРОТ ВПРАВО 1520 ПО 1435(ВЕРХ)
1:50000

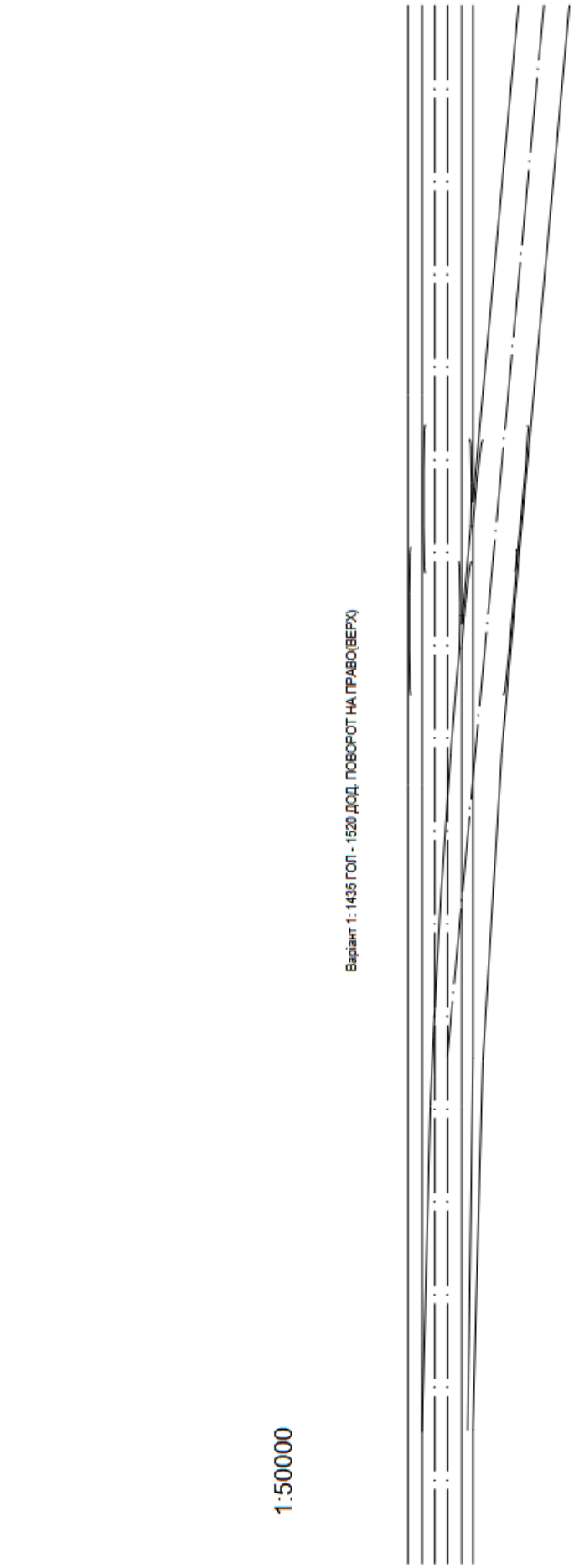
ДОДАТОК В


Варіант 3: 1435 ГОЛ - 1520 ДОД ПОВОРОТ ВЛІВО 1435 ПО 1520(ВЕРХ)
1:50000

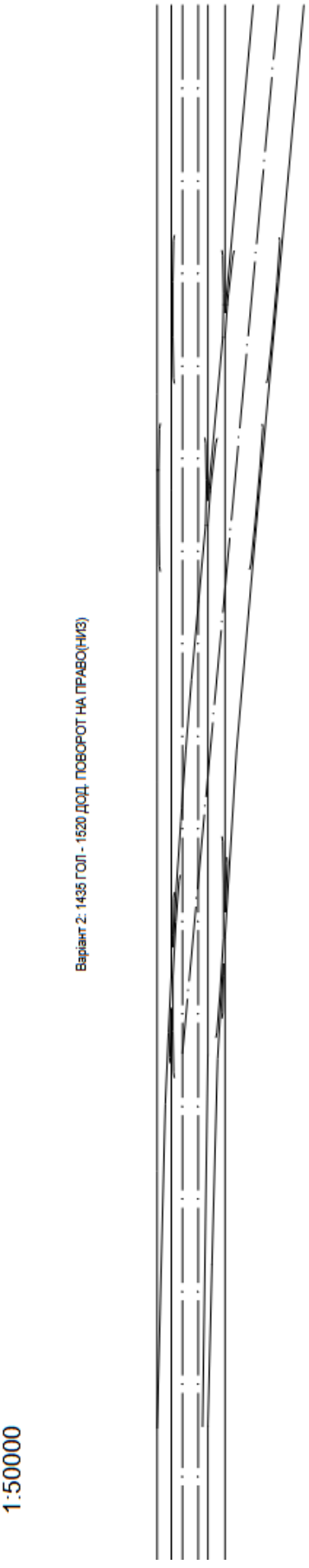
ДОДАТОК Г

Варіант 4: 1435 ГОЛ - 1520 ДОД. ПОВОРОТ ВЛІВО 1435 ПО 1520(НИЗ)
1:50000

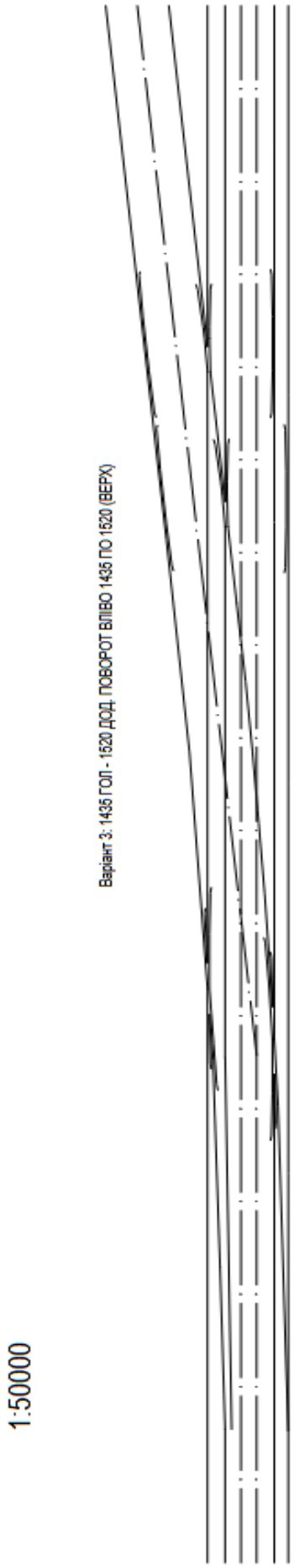
ДОДАТОК Д



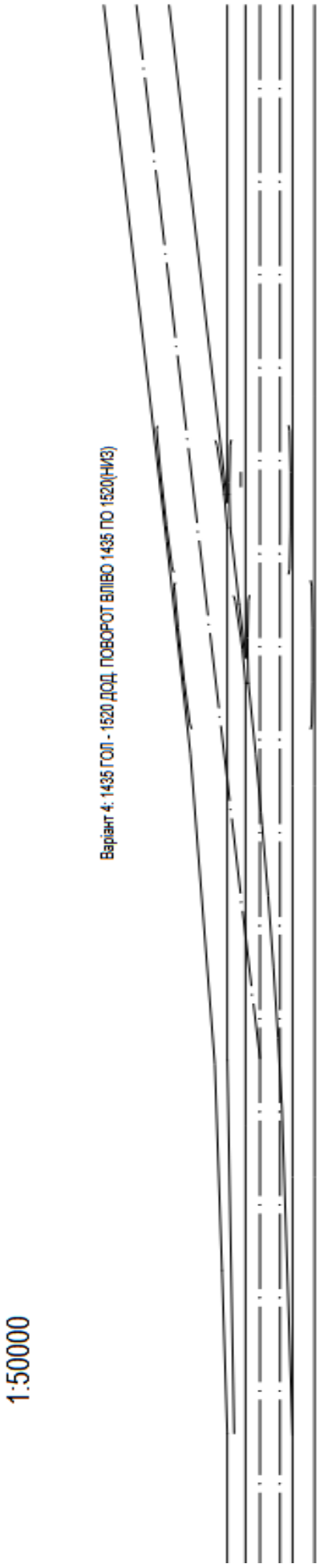
ДОДАТОК Е



ДОДАТОК Є


Варіант 3: 1435 ГОЛ - 1520 ДОД. ПОВОРОТ ВЛІВО 1435 ПО 1520 (ВЕРХ)
1:50000

ДОДАТОК Ж


Варіант 4: 1435 ГОЛ - 1520 ДОД. ПОВОРОТ ВЛІВО 1435 ПО 1520(НИЗ)
1:50000