

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

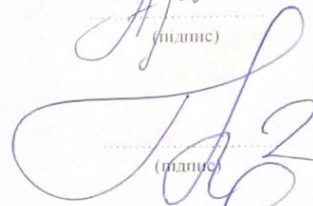
на тему: «Удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й
поздовжньому профілі»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-21дм
Спільник А.Р.



(підпис)

Керівник: проф.Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

Завідувач кафедри: проф.Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

ВСТУП

Підвищення швидкостей руху поїздів є одним з основних показників технічного прогресу у сфері залізничного транспорту. Організація швидкісних пасажирських перевезень висуває перед транспортом України додаткові вимоги з надання послуг на якісно новому рівні. В Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року одним з основних завдань є підвищення швидкості руху пасажирських поїздів до 160 (у перспективі до 200) і вантажних - до 100-120 км/год. Криві ділянки, які складають майже 30% від загальної довжини залізниць, обмежують швидкість руху поїздів та призводять до підвищення експлуатаційних витрат. Контроль за станом плану залізничної лінії і його своєчасне виправлення є однією з найважливіших задач колійного господарства.

Сьогодні, коли з одного боку збільшуються швидкості руху пасажирських поїздів, а з іншого – в умовах економічної кризи необхідно знижувати витратну частину на рух поїздів, актуальним є створення сучасної колійної техніки, що поєднує в собі високу продуктивність, якість та прийнятну вартість.

На шляху машинізації колійного господарства Укрзалізниці була суттєвого збільшена кількість важких машин для виправлення плану залізничної колії. Наявний парк таких машин майже 140 одиниць, а потреба в нових машинах складає майже 70 одиниць.

У цих умовах дуже важливою є оцінка точності зйомки та виправка залізничних кривих високопродуктивними машинами і, в першу чергу, обладнаними системами автоматики. Під системами автоматики розуміються програмно-апаратні комплекси для аналізу й контролю вимірювань стану колії, виконання розрахунків параметрів плану і профілю та керування процесом рихтування колії.

Актуальність теми. У зв'язку з впровадженням на залізницях України прискореного й швидкісного руху поїздів необхідно забезпечувати не тільки безпеку, але й плавність і комфортабельність їзди, особливо в кривих ділянках колії. Для досягнення цієї мети особливої актуальності набуває проведення

реконструкції ділянки з постановкою осі колії в раціонально-проектне положення в профілі й плані з відновленням проектних радіусів. При цьому параметри колії повинні відповідати максимальній швидкості руху, безпеці, плавності і комфортабельності, а витрати на перебудову колії під раціональні параметри повинні окупатись. На сьогодні роботи по утриманню колії за відсутності достатнього фінансування та інших об'єктивних причин не виконуються в повному обсязі, тому актуалізується аналіз проектів капітальних ремонтів і реконструкція колії на підставі удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі.

Існуюча практика виправки колії, як правило «методом згладжування», а також складнощі утримання колії в кривих, дає підстави для висновку щодо необхідності розробки та впровадження нових, більш сучасних і ефективних технологій з використанням високопродуктивних виправно-підбивно-рихтувальних машин із забезпеченням економічної ефективності автоматизації робіт з виправки колії.

Мета і завдання дослідження. Мета - удосконалення технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі при використанні виправно-підбивно-рихтувальних машин (ВІР).

Досягнення цієї мети передбачає розв'язання таких завдань:

Проведення аналізу існуючих концепцій щодо виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі з використанням сучасних виправно-підбивно-рихтувальних колійних машин, встановлення причин, що були перешкодою до реалізації відповідних практичних програм впровадження швидкісного руху поїздів на залізницях України.

Дослідження методів зйомки плану й поздовжнього профілю залізничної колії та технології виправки залізничної колії з використанням сучасних колійних машин. Розробку математичної моделі для удосконалення системи управління машинізованою виправкою колії в плані й поздовжньому профілі з оцінкою її адекватності.

Об'єкт дослідження – процес машинної виправки залізничної колії.

Предмет дослідження - геометричне положення залізничної колії.

Методи дослідження. В першому розділі використовувався системний аналіз для визначення існуючих концепцій щодо виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі з використанням сучасних виправно-підбивно-рихтувальних колійних машин та встановлення причин, що були перешкодою до реалізації відповідних практичних програм впровадження швидкісного руху поїздів на залізницях України. В другому розділі використано комплексний метод досліджень методів зйомки плану й поздовжнього профілю залізничної колії з використанням сучасних машин для визначення відповідного з них для подальшого математичного моделювання обрису колії. В третьому розділі виконувались вимірювання системою датчиків ВПР для натурального визначення геометричного положення залізничної колії в плані й поздовжньому профілі та визначення точності зйомки цією системою. Методи зйомки плану й поздовжнього профілю залізничної колії, методи математичного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

Розроблена математична модель для управління машинізованою виправкою колії в поздовжньому профілі для вітчизняних колійних машин, яка дає можливість оцінювати й прогнозувати розвиток зсувів залізничної колії в залежності від умов експлуатації.

Набула подальшого розвитку евольвентна модель виправки кривих, обґрунтування переходу до рекурентної форми розширило межі її застосування для паспортизації та розрахунків ділянок складного плану.

Практичне значення отриманих результатів. Застосування запропонованого методу вирішує задачі підвищення безпеки, плавності руху й комфортабельності їзди за умови мінімізації розладу колії в кривих і на переломах поздовжнього профілю.

Запропоновані напрямки розвитку вимірювальних засобів сучасних колійних машин на прикладі застосування комп'ютерної системи виправки колії для машин типу ВПР.

Апробація результатів роботи. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати

роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2021-2022р.р.).

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 60 найменувань на 7 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 73 стор. Робота включає 17 рисунків та 4 таблиці по тексту.

1. АНАЛІЗ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ПО ВИПРАВЦІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ КОЛІЙНИХ МАШИН

1.1 Аналіз існуючих концепцій щодо виправки залізничної колії в плані і профілі з використанням сучасних ВПР

Транспортна стратегія України прийнята на період до 2030 року вже сьогодні вимагає підвищення швидкостей для залізниць України та подальшої інтеграції у європейську транспортну мережу [1, 2].

В процесі експлуатації на залізничну колію впливають поїзні навантаження, які передаються на баластний шар і викликають його пружні залишкові деформації. З плином часу деформації накопичуються, як правило, нерівномірно на всьому протязі ділянки, починають спостерігатися розлади колії, що викликають експлуатаційні обмеження, які безпосередньо впливають на швидкість та безпеку руху. Для усунення експлуатаційних обмежень та забезпечення плавного і безпечного руху поїздів періодично потрібно встановлювати колію в проектне положення і одночасно фіксувати її ущільненням баластного шару. У колійному господарстві ці операції, в основному виконуються машинами і механізмами для виправки колії та ущільнення і стабілізації баластної призми [3].

Виправка колії — один з найбільш трудомістких процесів і в той же час найбільш значимий, тому що від якості виправки колії залежать експлуатаційні характеристики (плавність, швидкість та інші), безпека руху, витрати на поточний ремонт та утримання. Виправка колії проводиться при всіх видах ремонту, реконструкції та новому будівництві. Виправка колії характеризується як технологічний процес переміщення рейок рейко-шпальної решітки (РШР) в поперечних по відношенню до осі колії горизонтальному і вертикальному напрямках з натурального положення, що характеризується відступами від допусків і норм утримання, в інше натурне положення, що характеризується відсутністю цих відступів (рис 1.1.), при цьому натурне положення колії можна охарактеризувати:

- наявністю нерівностей, які плавно змінюються вздовж колії у вертикальній і горизонтальній площинах від якогось усередненого геометрично правильного положення (пряма, перехідна або кругова крива);
- наявністю загального відхилення положення рейок щодо їх проектного положення.[17]

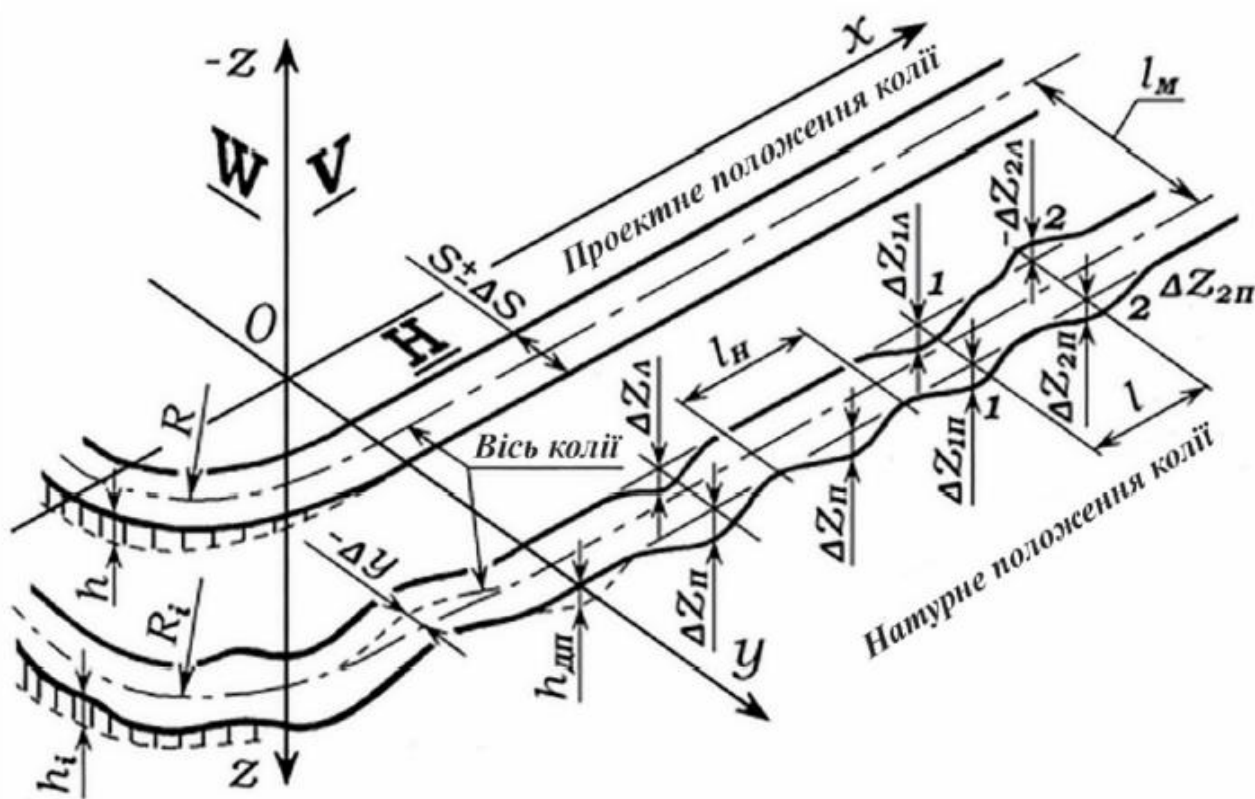


Рис.1.1. Схема деформації колії

Сьогодні на залізницях України працюють два види машин, які виконують виправку колії. Умовно їх можна поділити на рихтувальні та виправно-підбивно-рихтувальні. У зв'язку з тим, що рихтувальні машини не ущільнюють баласт під шпалами, а відповідно не фіксують рейко-шпальну решітку — їх використання суттєво обмежено і в майбутньому малоперспективне. Таким чином, на шляху модернізації колії для підвищення швидкостей, виправно-підбивно-рихтувальні машини є безальтернативними для виконання робіт по виправці колії в плані й поздовжньому профілі.

Аналіз вітчизняної та закордонної практики виправки колії з використанням машин дозволив виділити три основні концепції виправки колії, а саме:

Перша концепція. Виправка колії з використанням зарубіжної автоматизованої системи з можливістю створенням тривимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини та прив'язкою цієї зйомки до координат системи супутникового позиціонування посиленою базовими станціями на землі

Друга концепція. Виправка колії з використанням зарубіжної автоматизованої системи з можливістю створення двовимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини, яка використовується в Україні з прив'язкою по довжині, але без прив'язки до координат.

Третя концепція. Виправка колії з використанням методу «згладжування» базовою 3-х або 4-х точковою системою вітчизняної машини, без зрівнюванням по довжині, прив'язки до координат та створення моделі колії. Розглянемо ці концепції докладніше.

Виправка колії з використанням автоматизованої системи з можливістю створенням тривимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини та прив'язкою цієї зйомки до координат системи супутникового позиціонування посиленою базовими станціями на землі (Deutsche Bahn Reference System) була заснована на базі об'єднання існуючої системи лазерного вимірювання хорди по технології EM-SAT із супутниковою технологією SurVer компанією Plasser & Theurer у співпраці з Австрійською Федеральною залізницею і DB Netz і з січня 2006 року поетапно впроваджувалася на залізницях Німеччини (DB). (рис. 1.2)

Перевага системи в тому, що лазер бере на себе вимірювання хорди у випадках, коли прийом із супутника недоступний через топографічні особливості. Всі роботи виконуються в безпечних умовах, що не потребує додаткових витрат щодо захисту персоналу, необхідних для звичайної зйомки.

Використовуючи супутникові вимірювання, координати геометрії колії можна визначити з точністю до ± 10 мм, а у поздовжньому профілі з точністю до ± 12 мм. Фактичне положення колії за рівнем і планом визначається по лазерній опорній хорді. Зміни супутникового вимірювання записуються протягом всього

часу роботи.

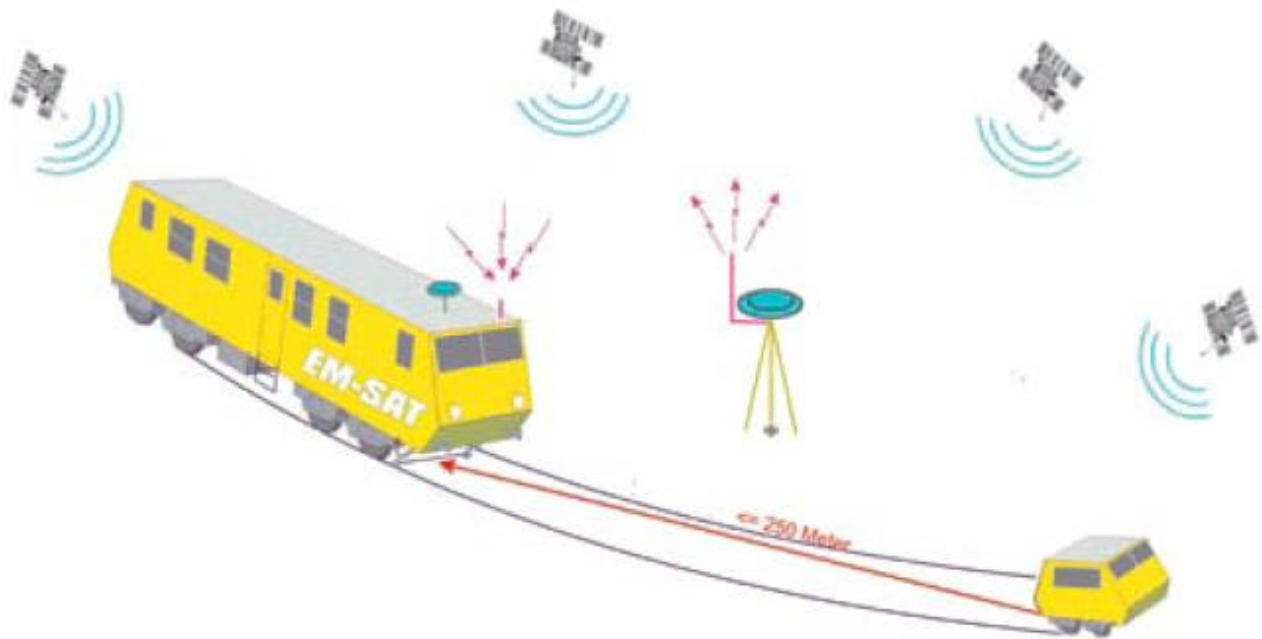


Рис.1.2. Графічне представлення вимірювального процесу

Супутникові вимірювання порівнюються з вимірною опорною хордою для розрахунку оптимальних відповідних значень. Після або протягом цих вимірювань існує можливість перетворення точки кінця лазерної хорди в координати DB-Ref використовуючи спеціально створену трансформаційну модель (GN-Trans GEO++).

Вимірювання лазерною опорною хордою дозволяє визначити геометрію колії з точністю до ± 1 мм. Комбінуючи із супутниковим вимірюванням, позицію хорди можна експортувати як координати DB-Ref з високим рівнем точності (рис. 1.3).

Таким чином, значення підйомки чи виправки для виправно-підбивно-рихтувальної машини можна визначити порівнюючи абсолютні і вимірні координати. Дана система впевнено витісняє ручні методи геодезичних вимірювань, які використовувалися на німецькій залізниці більш ніж 30 років. У порівнянні з попереднім методом вишукування колії, вигоди від супутникового вишукування наступні:

- одна опорна точка максимум на 4 км, що потребує менше 7000 каліброваних опорних точок;
- вимірювання до 10 км колій за зміну замість 1 км за зміну;
- усуваються помилки при застосуванні старої системи вишукування колій;
- значно менші витрати на утримання опорних точок;
- простота відновлення опорної точки, навіть при її втраті.

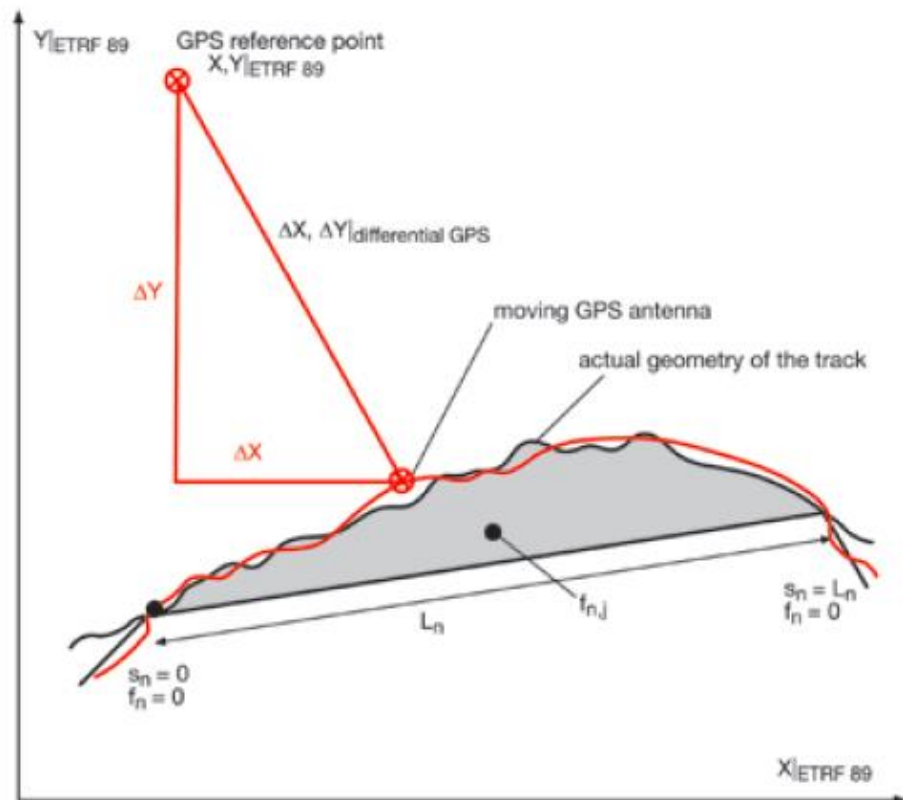


Рис.1.3. Супутникова підтримка для встановлення точної геометрії колії

Проте, основною вимогою, крім сумісних даних, є функціонування супутникової навігаційної системи. На додаток до американського GPS та російського Glonass, які присутні на ринку, планується використовувати супутникову мережу Galileo, що в даний час розробляється в Європі.

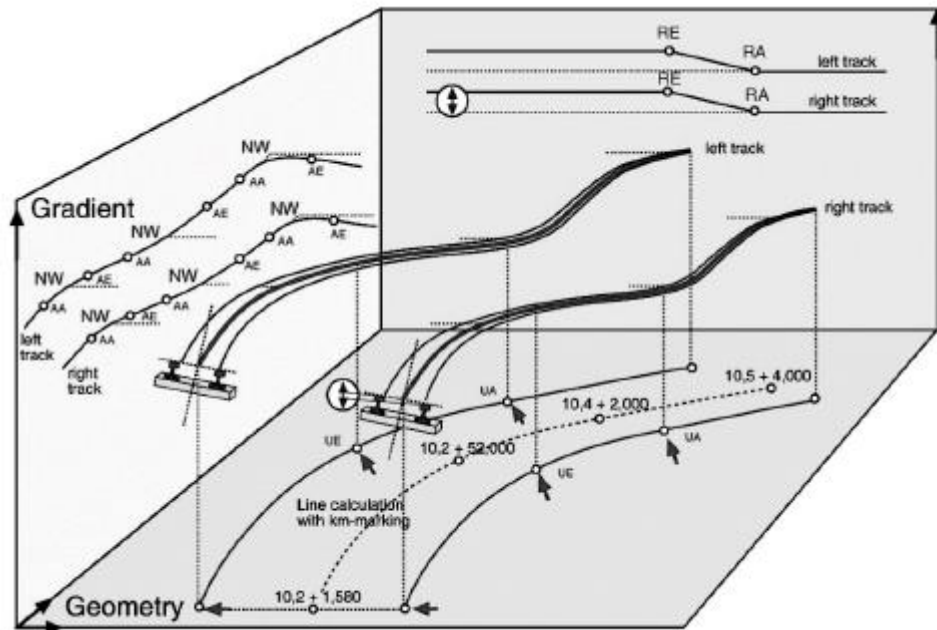


Рис.1.4. Відображення положення колії DB Reference System (DB- Ref)

Антенна прийому із супутника розташована на даху головної машини. Але при тому, що корпус машини змінює своє положення стосовно колії (як при повороті, так і при бічному нахилі), повинні бути визначені відхилення і позиція антени корегується математично. Супутниковий приймач розрахунку абсолютних координат знаходиться в головній кабіні. Він з'єднаний з блоком передачі даних через супутниковий приймач, який стоїть в контрольній точці. Координати розраховуються в режимі «реального часу» і виводяться на окремий монітор для того, щоб водій міг контролювати функціонування системи.

Вимірювання компенсаційних значень повинно виконуватись з високою точністю, для чого і був розроблений компенсаційний лазерний сканер. При підготовці до початку вимірювань, EM-SAT розташовується на початку ділянки, опускається візок з лазером і вмикається. Блоки супутника і та передачі даних налаштовуються на супутникову опорну точку. Для початку довготривалих вимірювань доцільно також іноді налаштувати другу супутникову опорну точку.

Оцінка розрахункових значень підйомки чи зміщення і передачі даних на баластувальну машину проводиться таким же чином, як і раніше.

Розробники такої складної і безумовно не дешевою системи стверджують, що досягли абсолютної точності положення колії в межах ± 10 мм, що в свою чергу

дозволило баластерам і укладальника забезпечити геометрію шляху з точністю близько ± 1 мм від розрахункової [3-10]. Така концепція на сьогодні є передовою, але не може бути застосованою без системи посилення базовими станціями позиціонування на землі на кшталт німецької системи Deutsche Bahn Reference System.

Сьогодні на території України вже працює та активно розгалужується комерційна мережа станцій посилення позиціонування на землі TNT GNSS Network (рис. 1.5), яка надає користувачам доступ до GNSS-даних через Internet, також можливий доступ до корегувальної інформації в форматі RTCM по протоколу NTRIP, а в межах зони дії станцій можливе виконання робіт в режимі RTK (Кінематика в реальному часі) з точністю до 1мм. [11]

Хоча служби колії Укрзалізниці не використовують цю мережу, вже сьогодні, не суттєво модернізувавши техніку для зйомки і виправки колії, можна почати паспортизацію та виправку колії використовуючи глобальну систему координат. Надалі при використанні та розвитку цієї мережі відкриваються перспективи повної паспортизації колії в глобальній системі координат, створення віртуальної реперної системи, а також виправка колії машинами важкого типу за проектними координатами без попередніх вимірювальних заїздів.

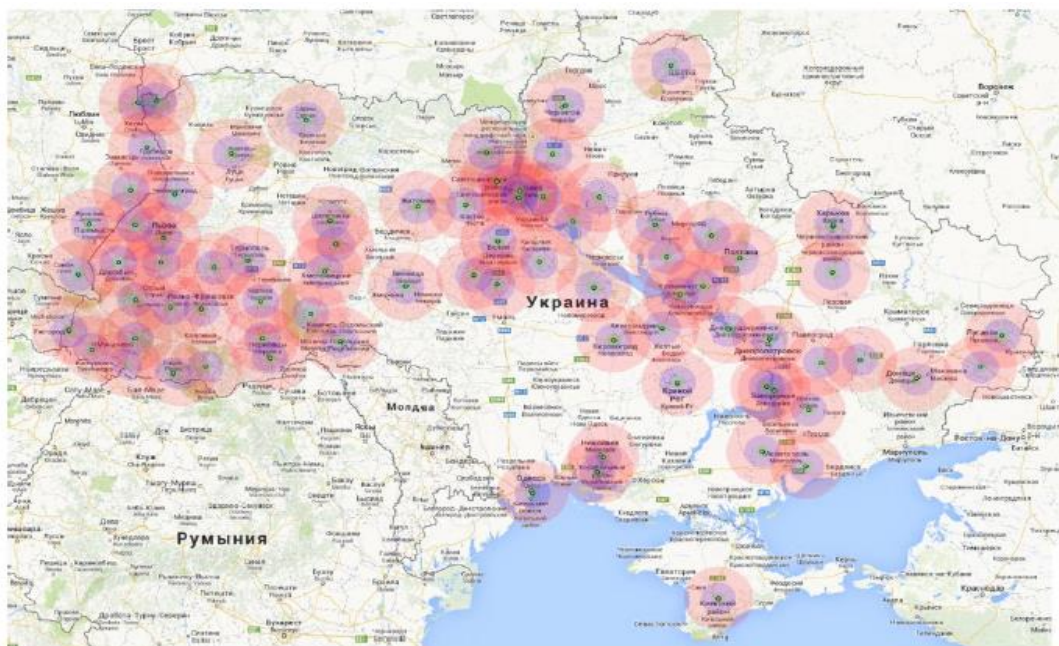


Рис.1.5. Існуюча мережа TNT GNSS Network на території України

Виправка колії з використанням зарубіжної автоматизованої системи з можливістю створення двовимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини, яка використовується в Україні з прив'язкою по довжині, але без прив'язки до координат. Системи цього класу, які з'явилися в середині 90-х років мають можливість роботи у двох режимах. Перший — використання принципу згладжування нерівностей, але з збільшеним коефіцієнтом згладжування, забезпечуючи необхідну плавність виправленої колії, без використання вимірювальної поїздки. Другий — з використанням вимірювальної поїздки для визначенням просторового положення колії, введенням до роботи обмежень на зсуви і піднімання колії, та прив'язкою по довжині колії що виправляється. В обох режимах для контролю і управління системою використовується комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

Вказані системи можуть працювати як без так і з вимірювальної поїздкою. І в тому і в іншому випадку вони дозволяють задавати програмні завдання проектних параметрів перехідних кривих: початок, кінець і довжину, автоматично формувати величини поправки в плані по рівню і по довжині перехідної кривої. Однак ці системи не дозволяють виявляти і виправляти довгі нерівності колії, так як працюють за принципом зменшення нерівностей колії в межах своєї геометричної довжини. Для виправки нерівностей довжиною більшою ніж їх геометрична довжина необхідно використовувати метод «фіксовані точки» з проведенням геодезичної зйомки та відповідними розрахунками, або з використанням лазерного візка, який дає змогу подовжити вимірювальну хорду [12]. До вказаних систем відносяться системи типу АС «Навігатор», МС «ВНИИЖТ-МАТЕСС», МС «КОМПАС» (Росія), які встановлювались на модернізовані машини радянського виробництва ВПР - 02, ВПРС, ВПО та інші, а також система АLC виробництва компанії Plasser & Theurer (Австрія), яка встановлювалась виключно на машини власного виробництва — Duomatic 09-32, Dynamic Stop Express 09-3X, Dynamic Stop Express 09 - 4X, Unimat 08-275/3S та інші.

Виправка колії з використанням методу «згладжування» базовою 3-х або 4-х точковою системою вітчизняної машини, без зрівнюванням по довжині, прив'язки до координат та створення моделі колії. Ці системи використовуються ще з 90-х років за принципом «згладжування» і до сьогодні в своїй конструкції не мали суттєвих змін. Система базується на 3-х або 4-х точковому методі рихтування в залежності від кількості датчиків стріли вигину (1 або 2 відповідно), встановлених на виправно-підбивно-рихтувальній машині.

Система рихтування може бути використана для роботи методами «згладжування» або «фіксованих точок». Єдина вірна технологія використання методу «згладжування» в криволінійних ділянках колії передбачає введення поправок, які визначаються проектними параметрами кривої. Для цього на машинах типу ВПР-1200 використовувались відповідні таблиці поправок, на машинах ВПР-02 — автоматизовані системи формування поправок для виправки колії в плані, за рівнем, в поздовжньому профілі, аналогічні системам UVA, RVA, які застосовувалися на австрійських машинах серії 08. Проте, як показав аналіз результатів роботи цих машин в кривих ділянках колії при використанні 4-точкових систем згладжуючого типу, необхідні поправки не вводилися, а при роботі 3-точкових систем найчастіше поправки вводилися вручну — «приблизно». Для виправки довгих (30 м і більше) нерівностей колії на зазначених машинах передбачалося застосування методу «фіксованих точок», при використанні якого необхідно було зробити попередньо геодезичну зйомку колії, визначити необхідні зсуви і підйомки для кожної 3-й - 4-й шпали і реалізувати їх при робочому проході машини. Ці роботи через відсутність кваліфікованих кадрів і великих трудовитрат так-же не проводилися [12].

Сьогодні, в складних фінансових умовах ці, застарілі системи досі використовуються в підприємствах Укрзалізниці, але ані кваліфікація обслуговуючого персоналу, ані складна система керування виправкою не відповідає сучасним вимогам до виправки колії. Дипломна робота присвячена розробці сучасній математичній моделі виправки колії та імплементації її у автоматизовану систему виправки модернізованої машини типу ВПР

радянського виробництва, яка замінить застаріли методи виправки колії викладені у третій концепції.

1.2 Огляд наукових досліджень з питань автоматизованої виправки залізничної колії в плані і поздовжньому профілі

Підвищення швидкостей є широкою проблемою, яку намагаються вирішити багато років в Україні та за кордоном. Найефективніший захід по підвищенню швидкостей є перевлаштування кривих. Без сумніву, основним параметром, який дозволяє значно підвищити швидкості є радіус кривої. На ряду з багатьма вітчизняними вченими одним з перших на необхідність збільшення радіусу кривих звернув увагу М. А. Чернишов [13-14]. Неодноразово на цю проблему звертали увагу М. Б. Курган, Д. М. Курган, І. П. Корженевич, А. А. Босов. В своїх роботах вони неодноразово розглядали питання про необхідність проведення робіт по перевлаштуванню кривих в плані та профілі [15-20].

Перші наукові розробки з автоматизації виправки залізничної колії з'явилися після другої світової війни з появою у 1945 році першої комерційної трамбувальної машини розробленої австрійськими інженерами. На початку 50-х років ними було розроблено парк будівельних машин [21-24], а вже на початку 70-х років австрійська компанія «Plasser & Theurer» впевнено розповсюджувала колійну техніку власного виробництва по всьому світу [25].

В цей же час з'явилися перші результати досліджень І. П. Корженевича, пов'язані з розробкою математичної моделі плану залізничної колії, які набули розвиток в подальших роботах в співавторстві з Курганом М. Б., Курганом Д. М., Кірпою Г. М., Ренгачем М. Г., Дьоміним Ю. В., Рибачком П. І. [26-32]. Можливості автоматизації проектування та реконструкції плану залізничної колії, а також застосування методів математичного визначення допустимих швидкостей руху досліджувались І. П. Корженевичем в 2000 році. [33-34]

В цей же період ця проблема знайшла обговорення серед інших вітчизняних авторів. Наукові праці за цією тематикою були видані фахівцями-колійниками Халипова Н. В., Уманов М. И., Воробейчик Л. Я., які розглядали

проблему з точки зору дії на колію в перехідних кривих за наявності відсутності співпадінь відводів кривизни та підвищення [35].

Цей контекст залишався основним в дослідженнях вітчизняних фахівців, наприклад Рибкіна В. В., Циганенка В. В., і попередніх авторів, які звертали увагу в своїх працях саме на вплив параметрів колії перехідних кривих на динаміку та комфортабельність їзди [36]. Згодом до досліджень проблеми стану колії в плані та поздовжньому профілі долучаються фахівці-проектувальники, наприклад: В. І. Харлан, М. Б. Курган аналізують обґрунтування параметрів плану лінії для ліквідації бар'єрних місць при реконструкції залізниці [37].

Про подальшу актуалізацію проблеми автоматизації виправки колії свідчать дослідження до яких залучаються фахівці суміжних спеціальностей, представники наукових шкіл з проблем рухомого складу та енергопостачання. Наприклад,

Теоретичні та експериментальні дослідження по встановленню допустимих швидкостей руху поїздів по ділянці колії, відремонтованому із застосуванням сучасних колійних машин присвячена спільна робота Халипова Н. В., Уманова М. И., Цыганенко В. В., Рейдемейстера А. Г., Ковальова В. В., Сисіна Н. П. [38].

При цьому не втрачає актуальності тема технології ремонту колії як така [39]. В дослідженнях цього періоду основна увага приділяється залежності допустимих швидкостей руху поїздів і застосування сучасних колійних машин [40]. На цей час вже була опублікована низка робіт І. П. Корженевича, які містили дослідження саме автоматизації розрахунку виправки колії в плані [41-43]. Значний внесок в дослідження за цією тематикою був зроблений Д. М. Курганом та М. Б Курганом [44-47].

Удосконаленням методів зйомки та виправки кривих присвячені спільні дослідження І. П Корженевича та М. Г. Ренгача [48-52]. Автоматизація зйомки і виправки колії знайшли подальший розвиток також в працях Босова А. А., Кірпи Г. М., пшінька О. М., Мямліна С. В., Блохіна Б. Є., Піха Б. П., Соколана А. А. [53-57].

В 2007 році І. П. Корженевичем була розроблена математична модель плану існуючої залізничної колії і створена комп'ютерна програма RWPlan [58-

59]. У цьому ж році Д. М. Курганом та іншими було запропоновано вирішення задач вибору раціональних швидкостей руху поїздів за допомогою математичного моделювання процесу експлуатації залізничної ділянки [60].

Знайшло подальший розвиток дослідження швидкості руху в кривих після ремонту авторів Халипової Н. В., Уманова М. І., Рейдемейстера О. Г., Циганенко В. В., Сисіна Н. П., Кургана Д. М. [1].

Застосуванню сучасних колійних машин при ремонті участків колії і дозволеним при цьому швидкостям була присвячена праця авторів Халипової Н. В., Уманова М. І., Рейдемейстера О. Г., Набоченко О. С. [2]. Також пропозиції щодо технології виконання модернізації колії були сформульовані М. І. Умановим, В. В. Циганенко, А. Г. Редмейстером, Н. В. Халіповою [3]. На основі аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень авторами сформульовані рекомендації зі встановлення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих після виконання модернізації на довгостроково закритому перегоні.

Подальшому розвитку застосування автоматизованих систем в колійному господарстві сприяли дослідження таких авторів, як В. Г. Вербицький, І. М. Вікулін, П. П. Воробієнко, В. М. Годованюк, В. Б. Каток, Ш.Д. Курмашев, В. І. Осінський, І. П. Панфілов, В. В. Рюхтін, Г. О. Сукач [4-6].

Актуальність поточного утримання колії з використанням новітніх технологій з урахуванням проблем підсилення земляного полотна знайшла освітлення в роботі В. Д. Петренка, В. Т. Гузченко, А. Л. Тютькіна, А. Алхдура [7-8]. На цей час розроблена І. П. Корженевичем комп'ютерна програма RWPlan почала застосовуватися в практиці автоматизованої розрахунку виправки колії в плані на залізницях України та за кордоном. Теоретичне обґрунтування її застосування було наведено в ряді публікацій [6-9].

На цьому етапі дослідження автоматизації виправки колії набули особливої актуальності у зв'язку з впровадженням швидкісного руху. Наприклад, перебудова кривих для впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів аналізується в роботі М. Б. Кургана, М. А. Гусак, Н. П. Хмелевської [8].

Подальші дослідження проблеми автоматизації зйомки і виправки колії набули комплексного характеру в роботах [1-4].

Заслужують на особливу увагу роботи іноземних фахівців Б. Ліхтеберга, Ф. Пеха, М. Центер-Маннера, Г. Вубенна, М. Солінгера, Р. Вогеля, А. Вілка, В. Коца, Я. Скібіцького, П. Дабровського, А. Кампчіка, Ц. Аха, які присвячені окремим аспектам удосконалення технології та практики виправки залізничної колії в плані її поздовжньому профілі [5-9], але ці роботи можуть слугувати теоретичними орієнтирами стосовно подальшого розвитку досліджень за цією тематикою, тому що на цей час технологічний інструментарій застосування найбільш інноваційних методів автоматизації виправки залізничної колії запропонований ними відсутній на залізницях України.

Безпеці виправки колії на переїздах присвячена публікація О. Ф. Лужицького, М. О. Гаврилова, в якій розглядаються ефективні способи забезпечення повної безпеки руху через улаштування транспортних ліній в різних рівнях [6].

Розглядаючи питання автоматизації виправки залізничної колії неможливо оминати увагою питання міцності і стійкості колії. В Україні вітчизняними науковцями під керівництвом проф. Є. І. Даніленка були розроблені сучасні «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» ЦП-0117 [7], які на сьогодні є діючим офіційним документом. Основи теорії взаємодії залізничної колії з рухомим складом, питання надійності роботи залізничної колії при її експлуатації висвітлені в підручнику для вищих навчальних закладів «Залізнична колія» (2010 р.), який є першим фундаментальним виданням в Україні під авторством проф. Є. І. Даніленка [8]. В підручнику наведені сучасні методики проектування інженерних розрахунків рейкової колії в прямих і кривих ділянках, в тому числі для ділянок швидкісного (161-200 км/год) руху поїздів. В продовження цих досліджень науковцями В. Молчановим, М. Б. Курганом, В. Бойко, В. М. Твердометом, О. Оліником, О. Сорокой було розроблено підручник під редакцією проф. Є. І. Даніленка «Проектування і розрахунки конструкцій залізничної колії», в якому висвітлюються інноваційні підходи до проектування і розрахунків конструкцій залізничних колій [9].

Питанням дослідження одного із показників взаємодії колії й рухомого складу, недотримання якого може призвести до порушення безпеки руху, а саме до сходження, присвячена стаття Д. М. Кургана, О. В. Губара, М. О. Гаврилова [10].

Незважаючи на наявність низки досліджень, пов'язаних з впровадженням автоматизованих систем зйомки та виправки колії, поки що відсутні роботи, які б давали комплексне науково-практичне обґрунтування удосконаленню технології виправки залізничної колії в плані й поздовжньому профілі шляхом її автоматизації із застосуванням програмного забезпечення на вітчизняних машинах типу ВПР.

Аналіз світового та вітчизняного досвіду виправки колії доводить, що невід'ємною складовою цього процесу є зйомка колії, тому існує нагальна необхідність комплексного аналізу практичних методів зйомки колії.