

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

_____ Гаврилюк В.І.
(підпис) (ПІБ)
20 ____ р. ____ « ____ »

ДИПЛОМНА РОБОТА на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Спеціалізація «Системи керування рухом поїздів»

Тема Розробка системи визначення координати та швидкості поїзду на ділянці
наближення до переїзду

Theme Development of a system for determining the coordinates and speed of
the train at the section approaching the crossing

Керівник дипломної роботи професор _____ Гаврилюк В.І.

Студент групи АТ1926 _____ Акостьолов Є. К.

Student АТ1926 Akastelov Evgeniy

Дніпро
2020

Реферат

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 65 сторінок,

5 таблиць, 18 малюнок, 26 джерел літератури.

Ключові слова: Залізничний переїзд, Безпека руху, Зона наближення до переїзду, Перетин залізничного переїзда, Час очікування, Інтенсивність руху.

Об'єкт проектування: Розробка системи визначення координат та швидкості поїзду на ділянці Наближення до переїзду.

Мета магістерської роботи: виявлення ключових факторів на підставі яких можна розробляти системи визначення координат та швидкості поїзду на ділянці наближення до переїзду.

У першому розділі дипломного проекту розглядаються загальні характеристики залізничних переїздів, наведено класифікацію та категорії які приналежать залізничними переїздами. Також описано обладнання яке застосовується на переїздах покликане вирішувати питання переміщення залізничного та автомобільного транспорту віддаючи пріоритет першому, усуваючи можливі колізії з боку другого. Проводиться аналіз статистики дорожньо - транспортних пригод на переїздах України за період 2011 - 2015 роки, а так само розглянуті фактори які важливі при розгляді питань безпечної експлуатації залізничних переїздів.

У другому розділі проекту зроблено розрахунок часових параметрів існуючих систем автоматичної переїзної сигналізації на підставі яких зроблено оцінку часу очікування в залежності від швидкості руху поїзда.

У третьому розділі проекту був здійснений аналіз схем заміщення рейкових ланцюгів, а також виконаний розрахунок і моделювання можливості контролю положення і швидкості поїзда на ділянці наближення до переїзду на основі зміни імпедансу рейкового кола корелює з дистанцією на якій знаходиться поїзд.

Галузь Застосування: Системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок: Модернізація систем автоматичної переїзної сигналізації дозволяє підвищити ступінь безпечної експлуатації залізничного переїзду і знизити час простою автотранспорту в очікуванні можливості перетнути залізничне полотно.

ЗМІСТ

Вступ	7
--------------------	----------

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна характеристика залізничних переїздів	8
1.2 Обладнання переїздів	13
1.3 Безпека на залізничних переїздах	22
1.4. Висновки за розділом. Мета та задачі дослідження	38

2. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ ПОЇЗДА ТА ЙОГО ШВИДКОСТІ НА ДІЛЯНЦІ НАБЛИЖЕННЯ ДО ПЕРЕЇЗДУ

2.1. Час очікування на переїзді	40
2.2. Визначення довжини ділянки наближення та часу сповіщення існуючих систем автоматичної переїзної сигналізації (АПС)	41

3. РОЗРОБКА МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ ТА ШВИДКОСТІ ПОЇЗДА НА ДІЛЯНЦІ НАБЛИЖЕННЯ

3.1. Метод контролю положення та швидкості поїзда на ділянці наближення за імпедансом рейкової лінії	45
3.2. Схема заміщення.....	48
3.3. Схема кодової рейкового кола і схеми заміщення в нормальному і шунтового режимі	49

3.4. Моделювання Зміни імпедансу рейкової Лінії	
в залежності від положення поїзду	52
3.5.Вплив опору ізоляції баласту рейкової лінії на	
її імпеданс	60
 ВИСНОВКИ	 61
 БІБЛІОГРАФІЧНИЙ	
СПИСОК	62

Вступ

Залізнична інфраструктура є найважливішою складовою для становлення і розвитку будь-якої з країн, що розвиваються або вже відносно можуть сприйматися розвиненими країнами в економічному і промисловому напрямку.

Залізничний транспорт з причини своєї специфіки має функціонувати без зупину, впродовж року, цілодобово.

Залізниця надає можливість в перевезенні широкого переліку різноманітних вантажів в особливо великих обсягах, пов'язуючи при цьому різні промислові галузі, дрібні виробничі господарства і забезпечуючи потребу в нормальній життєдіяльності в містах і селах.

Важко переоцінити роль залізничного транспорту в тих випадках коли необхідно ліквідувати наслідки різного роду надзвичайних подій або боротися з наслідками природних катаклізмів, будь-якого роду аварій.

Не менш важливе значення залізничного транспорту відведено як вагомій складовій у військово-промисловому комплексі будь-якої нормально функціонуючої і що розвивається країни, в боротьбі за власний суверенітет і фінансову незалежність.

Беручи до уваги таке колосальне значення залізничної інфраструктури в житті та діяльності країни, до залізничного транспорту повинні висуватися не менше серйозні вимоги, такі як: забезпечення безперебійної роботи транспорту, високий ступінь безпеки перевезених людей і вантажів, безпечна трудова діяльність працівників залізниці всіх структур і підрозділів, своєчасність при обороті перевезених людей і дотримання часових графіків при перевезенні вантажів.

З огляду на те що безпека руху є першорядною вимогою в діяльності залізничного транспорту, то методи підвищення безпеки будуть актуальними в усі часи.

Беручи до уваги що найнебезпечнішими зонами на залізничному транспорті є області прилягання і перетину залізничного полотна з іншими видами інфраструктури експлуатовані як самої залізничною інфраструктурою так і суміжними підприємствами і господарствами, до таких зон відноситься і залізничні переїзди, перетин автомобільних і залізних доріг, питання зниження кількості дорожньо - транспортних пригод на яких, будуть не менш актуальними.

Мета даного дипломного проекту дослідити чинники які ключовим чином впливають на обставини безпечної експлуатації залізничних переїздів, з можливістю подальшої розробки на підставі виявлених факторів, систем які дозволяють більш точно визначати координати та швидкість поїзда, на ділянці прилеглої до переїзду, в мить його наближення та знизити тим самим рівень аварійних, дорожньо - транспортних пригод які тягнуть за собою смертельні жертви, жертви з високим рівнем травматизму, псування майна та економічні втрати.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна характеристика залізничних переїздів

Залізничними переїздами називаються місця перетину в одному рівні автомобільних і залізних доріг. Ці перетини відносяться до місць з найбільшою небезпекою для руху обох видів транспорту і тому вимагають застосування особливих засобів організацій заходів безпеки мінімально встановлення спеціальної огорожі. З огляду на велику інерційність залізничного транспорту, переважне право руху на переїздах надається залізничному транспорту. Безперешкодне його пересування по переїзду виключається лише в разі аварійної ситуації. На цей випадок передбачається загороджувальна сигналізація автоматичної або неавтоматичної дії. Залізничний переїзд - об'єкт підвищеної небезпеки, тому для попередження нещасних випадків, в залежності від категорій що присвоюється переїздам вони обладнуються: світлофорами, шлагбаумами і звуковими сигналами, а так само УЗП (пристрій загородження переїзду) - металевими плитами, які піднімаються, загороджуючи проїзд (за винятком переїздів на малоактивних ділянках залізних доріг, які позначаються тільки дорожнім знаком).

За місцем розташування переїзди поділяють на переїзди загального і незагального користування.

Переїзди загального користування розташовуються на перетинах залізничних колій загального користування, з автомобільними дорогами загального користування, муніципальними автомобільними дорогами та вулицями.

Переїзди незагального користування розташовуються на перетинах залізничних колій з автомобільними дорогами окремих підприємств або організацій (незалежно від форм власності).

Пристрій, обладнання, утримання і обслуговування переїздів загального користування виконуються за рахунок коштів підприємства, організації до яких примикають дороги які містять переїзд чи органів управління автомобільними дорогами та організацій, що містять автомобільні дороги, що користуються цими переїздами.

Порядок утримання та обслуговування переїздів загального і не загального користування встановлюється власником інфраструктури [5].

Перетину залізничних колій в межах території підприємств (складів, депо, елеваторів тощо) автомобільними дорогами, призначеними для забезпечення технологічного процесу роботи даного підприємства, відносяться до переїздів. Безпека руху рухомого складу і транспортних засобів, працездатність засобів регулювання рухом на них забезпечується адміністрацією підприємства.

У напрямку руху автотранспорту переїзди обладнуються постійно діючими засобами огороження. Для цієї мети застосовуються такі пристрої: автоматична переездна світлофорна сигналізація з автоматичними шлагбаумами (АППШ); автоматична переездна світлофорна сигналізація без автошлагбаумів (АПС); сповіщувальна переездна сигналізація (ОПС), що дає лише повідомлення на переїзд про наближення поїзда; механізовані і електропривідні шлагбауми неавтоматичної дії; попереджувальні знаки і таблички [19],[20].

На мережі доріг залізничні переїзди поділяються на чотири категорії, які визначаються характером і інтенсивністю руху на переїзді, категорією автомобільної дороги в місці перетину і умовами видимості. Категорії показані в (Табл. 1.1)

Інтенсивність руху поїздів по головній колії сумарно в 2-х напрямках, поїздів /добу.	Інтенсивність руху ТЗ, авт / добу				
	До 200 включно	201 - 1000	1001 - 3000	3001 - 7000	Більш 7000
До 16 включно, а так само по всім станційним і під'їзних шляхах	IV	IV	IV	III	II
17 - 100	IV	IV	III	II	I
101 - 200	IV	III	II	I	I
Більш 200	III	II	II	I	I

Табл. 1.1 - Категорії залізничних переїздів загального користування

До переїздів загального користування I категорії відносяться також переїзди, розташовані на перетинах залізничних колій, де здійснюється рух поїздів зі швидкістю 140км / год і більше незалежно від інтенсивності руху транспортних засобів на автомобільній дорозі. Категорії переїздів не-загального користування представлені в (Табл. 1.2)

Інтенсивність руху поїздів по залізничних шляхах сумарно в 2-х напрямках, поїздів / добу.	Інтенсивність руху ТЗ, авт / добу (сумарно в двох напрямках) авт. / добу.			
	До 100	101 - 500	501 - 1000	Більш 1000
До 8 включно	IV	IV	IV	III
8 - 24	IV	IV	III	II
25 - 38	IV	III	II	I
Більш 39	III	II	II	I

Табл. 1.2 - Категорії залізничних переїздів не загального користування

До переїздів незагального користування I категорії відносяться залізничні переїзди:

- розташовані на станціях, де проводиться регулярно маневрова робота, яка здійснюється за технологічним процесом роботи залізничні станції протягом половини робочої зміни при перетині з автомобільними дорогами з інтенсивністю руху 1001 і більше транспортних засобів на добу;

- розташовані на перегонах і залізничних станціях, де здійснюються регулярні залізничні та (або) автомобільні перевезення вогненно-рідкі металів і шлаків при перетині з автомобільними дорогами з інтенсивністю руху 501 і більше транспортних засобів на добу;

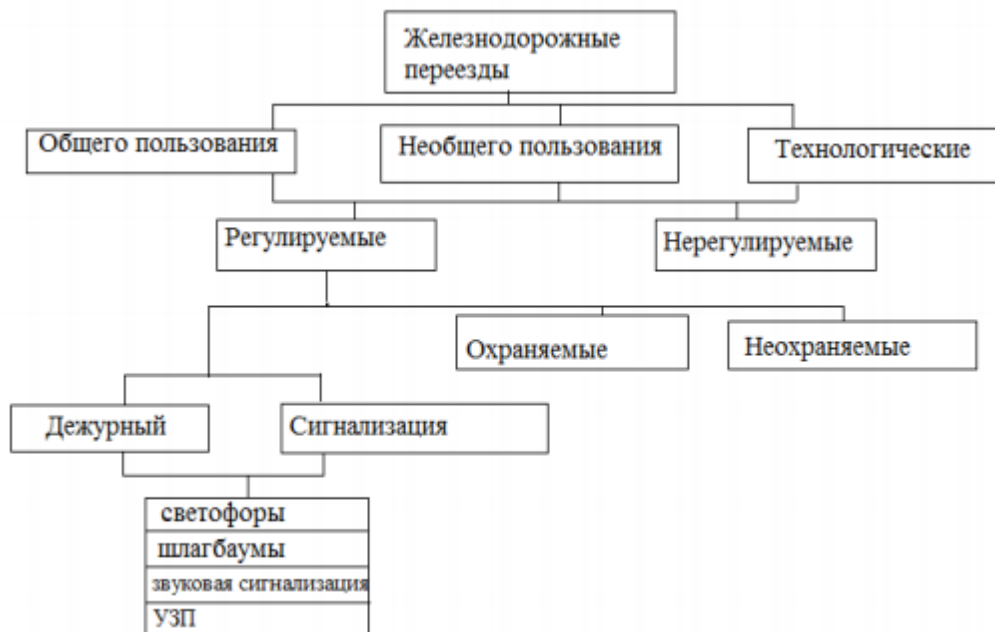
До залізничних переїздів незагального користування II категорії відносяться залізничні переїзди, розташовані на перегонах і станціях, де здійснюються регулярні залізничні та (або) автомобільні перевезення вогненно-рідкі металів і шлаків при перетині з автомобільними дорогами з інтенсивністю руху 101- 500 транспортних засобів на добу.

До залізничних переїздів незагального користування III категорії відносяться залізничні переїзди, розташовані на перегонах і станціях, де здійснюються регулярні залізничні та (або) автомобільні перевезення вогненно-рідкі металів і шлаків при перетині з автомобільними дорогами з інтенсивністю руху менш 100 транспортних засобів на добу.

Всі інші переїзди (непередбачені таблицею) відносяться до IV категорії. Залізничні переїзди поділяються на регульовані і нерегульовані.

До регульованих належать переїзди, обладнані пристроями переїзної сигналізації, що сповіщають водіїв транспортних засобів про наближення до переїзду поїзда, а також унеможливають здатність знаходження транспортного засоба зіткнутись з потягом які діють автоматично або обслуговуються черговим працівником, а також іншими працівниками власника інфраструктури або власника залізничних колій незагального користування, яким доручено здійснювати регулювання руху поїздів і транспортних засобів на переїзді.

Залізничні переїзди, які не обладнані пристроями переїзної сигналізації і не обслуговуються черговим працівником і іншими працівниками власника інфраструктури або власника шляхів незагального користування, якому доручено здійснювати регулювання руху поїздів і транспортних засобів на переїзді, відносяться до нерегульованих [20]. (На мал. 1.1) відображено класифікація переїздів.



Мал. 1.1 - Класифікація залізничних переїздів

Інтенсивність руху на переїзді оцінюється числом поездекіпажей, тобто множенням числа поїздів на число одиниць автотранспорту, що проходять через переїзд протягом доби. вибір пристроїв огорожі переїзду з боку автодороги залежить від його категорії і максимальної швидкості руху поїзда на ділянці. В якості загороджувальних світлофорів використовуються найближчі перегінні і станційні світлофори, а при їх відсутності встановлюються спеціальні.

1.2 Обладнання переїздів

На перших переїздах роль обладнання виконував сигнальщик. при наближенні поїзда він подавав учасникам дорожнього руху сигнал зупинитися за допомогою прапора або ліхтаря (в темний час доби). пізніше стали використовуватися спеціальні ворота або бар'єри що зводяться в дію вручну або електрично. У той час, коли по дорогах часто переганялося велику кількість худоби, був необхідний саме фізичний бар'єр.

В кінці дев'ятнадцятого, початку двадцятого століття стали досить швидко поширюватися автомобілі. У той же час перегін худоби по дорогах стало небезпечно і в великих містах взагалі не відбувалося, в маленьких містечках було досить рідкісним явищем. В таких умовах необхідності в воротах і бар'єрах вже не було, тому їх почали замінювати шлагбаумами, або просто світловими сигналами, покладаючись на свідомість водіїв.

Спочатку шлагбауми приводилися в рух вручну, їх відкривав і закривав черговий по переїзду. Такі шлагбауми перекривали всю ширину дороги. Пізніше ручні шлагбауми стали замінювати автоматичними що приводилися у дію електродвигунами. У багатьох країнах автоматичні шлагбауми мають ширину в півдороги, щоб автомобіль не міг виявитися замкнений на переїзді між двома шлагбаумами (адже чергового, який міг би відкрити шлагбаум в разі виникнення позаштатної ситуації, на автоматичних переїздах вже немає).

На певній відстані перед будь-яким переїздом встановлюються дорожні знаки «Залізничний переїзд із шлагбаумом» (білий трикутник з червоним хрестом і силуетом забору) або «Залізничний переїзд без шлагбаума» (білий трикутник з червоним кантом і силуетом паровоза). Безпосередньо перед переїздом встановлюється знак у формі Андріївського хреста. Тільки на самих малодіяльних залізницях обладнання переїздів обмежується попереджаючими дорожніми знаками без застосування автоматичних або напіваавтоматичних загороджувальних пристроїв. На більшості переїздів встановлюється також світлофор спеціальної конструкції, і діючий синхронно з ним звуковий сигнал. На переїздах з інтенсивним рухом на додаток до світлофора встановлюються засоби які частково унеможливають рух автотранспорту у разі наближення потягу такі як шлагбауми. Зустрічаються переїзди, оснащені тривожною інфразвуковий акустикою.

Все облаштування переїздів повинні відповідати вимогам Правил технічної експлуатації залізниць України, затверджених наказом Укрзалізниці від 19.03.2002 року № 179 (далі ПТЕ), умов експлуатації залізничних переїздів.

Переїзди повинні розташовуватися переважно на прямих ділянках ландшафту залізних і автомобільних доріг поза западин і місць, де не забезпечуються задовільні умови видимості в обох напрямках.

Перетин залізниць автомобільними засобами повинен здійснюватися переважно під прямим кутом. При неможливості виконання цієї умови, гострий кут між пересічними дорогами повинен бути не менше 60 градусів.

При підходах до переїзду автомобільних ґрунтових доріг (без твердого покриття) до шлагбаума або при відсутності його на відстані не менше 10 метрів від найближчої рейки в обидві сторони призводять укладання твердого покриття дороги призначеної для пересування автотранспорту.

Проїжджа частина дороги на підходах до переїзду і в його межах, а також настил, сигнальні стовпчики, перила та огороження бар'єрного типу має відповідати стандарту закладеним типовим проектом переїзду.

Ширина проїжджої частини переїзду повинна бути рівною ширині проїзної частини автомобільної дороги, але не менше 6 метрів. на переїздах з боку автомобільної дороги встановлюють спеціальні дорожні знаки.

На підходах до переїздів з боку залізниці встановлюються постійні попереджувальні сигнальні знаки «С» про необхідність подачі машиністами потягів попереджаючого сигналу про наближення за допомогою свистка, а з боку автомобільної дороги перед усіма переїздами без чергового персоналу, водія попереджають дорожні знаки: «Одноколійна залізниця» або «Багатоколійна залізниця» та інші знаки. При наявності на переїзді світлофорної сигналізації вище зазначені знаки встановлюються на одній

опорі зі світлофорами, а при її відсутності - на відстані не менше 20 метрів від ближньої рейки.

Сигнальні знаки «С» встановлюють з правого боку за напрямком руху поїздів на відстані не менше 500 метрів від переїзду, а на перегонах, де обертаються поїзда зі швидкостями понад 120 км \ год - 800 метрів.

Перед переїздами без чергових і не обладнаних засобами переїзної сигналізацією, якщо водіям транспортних засобів, які на мить зупинки транспортного засобу у зоні очікування біля переїзду перебувають не більше 50 метрів від ближньої рейки, не забезпечена видимість поїзда на відстані, рівному розрахунковому відстані видимості дороги, а також при виконанні робіт на переїзді, встановлюється дорожній знак пріоритету

«Рух без зупинки заборонено». Необхідність такого знака визначається комісійно. Місце його встановлення приймається у відповідності з ГОСТами.

Перед такими переїздами до того моменту поки не будуть проведені роботи по їх перебудові в цілях підвищення безпеки руху, начальник залізниці може в окремих випадках встановити постійне обмеження швидкості руху поїздів.

На підходах до переїздів з боку автомобільних доріг перед шлагбаумами, а де їх немає, перед дорожніми попереджувальними знаками, встановлюються попереджувальні знаки «Залізничний переїзд із шлагбаумом» або «Залізничний переїзд без шлагбаума» на відстані 150 метрів, а в населених пунктах на відстані 50 м від крайнього проводу рейки та інші дорожні знаки.

Переїзди з черговими обладнуються шлагбаумами. Вони мають бути обладнані пристроями поїзного радіозв'язку, прямим телефонним зв'язком з найближчою залізничною станцією або постом, а на ділянках з диспет-

черською централізацією з поїзним диспетчером, виклик чергового по переїзду або працівника який виконує його обов'язки, за допомогою телефонного зв'язку доповнюється зовнішнім дзвінком (ревуном).

Бруси автоматичних та напівавтоматичних шлагбаумів, а так само електрошлагбаумів повинні бути забезпечені світловідбиваючими пристроями червоного та білого кольору, і мати стандартну довжину 4, 6, 8 метрів, вони повинні перекривати не менше половини проїжджої частини автомобільної дороги з правої сторони за напрямком руху транспортних засобів. Ліва сторона дороги шириною не менше 3 метрів, не перекривається.

На переїздах з інтенсивним рухом транспортних засобів, а також швидкісним рухом пасажирських поїздів можуть застосовуватися спеціальні пристрої загородження залізничних переїздів від несанкціонованого в'їзду на такі переїзди транспортних засобів, для огорожі переїзду у випадку необхідності проведення ремонту колії, споруд і пристроїв на період виконання робіт повинні використовуватися запасні горизонтально-поворотні шлагбауми ручної дії, які встановлені на відстані не менш 1 метра від основних шлагбаумів у бік автомобільної дороги та перекривають проїжджу частину дороги не менш ніж основні. Ці шлагбауми повинні мати пристосування для закріплення їх у відкритому і закритому положеннях і можливість навішування сигнального ліхтаря.

На переїздах з черговими встановлюють загороджувальну сигналізацію. У якості загороджувальних світлофорів можуть використовуватися вхідні, вихідні, попереджувальні, маневрові, прохідні і маршрутні світлофори, розташовані від поїзда на відстані не більше 800 метрів і не менш 15 метрів, за умови видимості переїзду з місця їх установки [21].

Якщо не можна використовувати перераховані світлофори, перед переїздом встановлюються спеціальні загороджувальні світлофори на відстані не менше 15 метрів. У переїздів, розташованих в межах станції та навколо їх, в ділянках наближення до яких входять станційні колії, де при

відправленні поїзда зі станції при забороняючому показанні вхідного світлофора не забезпечується необхідний час сповіщення на закриття переїзду при русі поїзда з місця, з боку станції можуть встановлюватися нормально палаючі загороджувальні світлофори.

В цьому випадку при русі поїзда на забороняюче показання світлофора і вступ на рейкове коло, ділянки прилеглої до переїзду і спрацьовування апаратури яка вмикає червоні миготливі сигнальні (вогні) на переїзних світлофорах, а потім, після витримки часу, необхідного для звільнення переїзду транспортними засобами, включається червоний вогонь загороджувального світлофора [20].

Облаштування залізничних переїздів загального користування з черговим в населених пунктах зі шлагбаумом показано на (Мал 2.1)

- 13 - трубка або стійка для установки червоного щита і сигнального ліхтаря;
- 14 - будівля переїзного поста; 15 — світлофор переїзної сигналізації;
- 16 - автоматичний шлагбаум або електрошлагбаумів;
- 17 - дорожній знак 1.1 «Залізничний переїзд із шлагбаумом »;
- 21 - дорожня розмітка 1.12 «Стоп-лінія»;
- 22 - дорожня розмітка 1.1; 23 - дорожня розмітка 1.8; 24 - дорожня розмітка 1.3;
- 25 - дорожня розмітка 1.6.

Начальники дистанції колії, сигналізації та зв'язку, електропостачання і керівники контрольного апарату залізниць особисто чи через підлеглих їм працівників повинні систематично здійснювати контроль за станом, працездатністю і експлуатацією переїздів, а також за якістю проведення оглядів і виконанням намічених заходів щодо усунення виявлених несправностей.

За існуючою міжнародною класифікацією на залізничних переїздах як об'єктах найбільшої небезпеки для передачі команди про заборону руху автотранспорту був ухвалений спеціальний сигнал, два по черзі миготливими червоними вогнями. При відсутності поїзда на ділянці наближення до переїзду лампи в світлофорних голівках погашені, що дає право водіям автотранспорту рухатися через переїзд з дотриманням запобіжних заходів і встановленою швидкістю, передбачених правилами руху. Переїзні світлофори встановлюються з правого боку дороги на відстані не менше 6 метрів від головки крайньої рейки.

При цьому повинна забезпечуватися його добра видимість, водіям автотранспорту, щоб екіпаж, який рухається з максимально дозволеною швидкістю, міг зупинитися на відстані не менш 5 метрів від світлофора.

Для автоматичного управління огорожувальними пристроями на переїзді (світлофорної сигналізацією і шлагбаумами) та включення сповіщувальної сигналізації на мережі доріг використовуються тільки рейкові кола (РК).

Довжина РК ділянки наближення поїзда перед переїздом визначається з розрахунком виходячи з часу повідомлення, необхідного для звільнення переїзду автотранспортом, і максимальної допустимої швидкості руху поїздів на ділянці. Час сповіщення складається з часу, необхідного для звільнення переїзду автомашиною, яка знаходиться на ньому в момент включення світлофорної сигналізації, що має мінімальну швидкість 5 км / год і максимальну довжину 24 метри, запасу часу, званого гарантованим часом (на мережі доріг цей час прийнято вважати рівним 10 секунд) і часу спрацьовування приладів (прийнято 4 секунди).

[illegible]

На малюнку 2.2 показано: 1 - приміщення переїзного поста;

2 - перила; 3 - автоматичний шлагбаум; 4 - запасні шлагбауми; 5 - габаритні ворота; 6 і 7 - попереджувальні знаки; 8 - водопровідна труба; 9 - огорожувальні стовпчики; 10 - стійки (трубка) сигналів; 11 - світлофор; 12 - настил; 13 - сигнальні знаки.

Переїзди оснащуються гумотехнічними настилами, які дозволяють значно підвищити швидкість проїзду транспортних засобів через переїзд. Впроваджуються пристрої загородження залізничного переїзду УЗП, призначені для недопущення несанкціонованого виїзду транспортних засобів на переїзд. Пристрій складається з чотирьох бар'єрів-автоматів, вмонтованих в проїжджу частину автомобільної дороги які в не активному стані перебувають в одному рівні з її покриттям, а в разі їх активації відбувається значне піднесення бар'єрів над рівнем дорожнього покриття.

1.3 Безпека на залізничних переїздах

Аналіз наукових публікацій з проблеми. Проблема залізничних переїздів не може бути по-справжньому науково і фундаментально вирішена в рамках існуючих методологічних підходів і поглядів, в яких ще досі переважають застарілі комерційні критерії. Модернізація транспортної інфраструктури в цілому і її елементів, в тому числі переїздів, необхідна не тому, що вона комерційно вигідна, прибуткова.

На дорогах щорічно гинуть люди, втрачають здоров'я, працездатність, і ці втрати не можна виправдати жодною економічною вигодою.

Багато наукових робіт присвячено проблематі пов'язаній з залізничними переїздами і, як правило, розглядалися вони з точки зору економіки, автоматики і телемеханіки. Так в роботі Гаттауліна С. Т. [2] розглядається питання зменшення витрат на залізничних переїздах і способи визначення однорівневих розв'язок, які потребують заміни шляхопроводами. Згідно висновків [2] заміна переїздів шляхопроводами економічно доцільно при інтенсивності руху на залізниці 70-80 пар поїздів

на добу і 5000 6000 автомобілів на добу. Також важливим питанням, розглянутим в даній дисертаційній роботі, стали способи підвищення безпеки на переїзді за допомогою додаткових пристроїв огороження, приведення в нормальний стан дорожнього покриття на підходах до залізниці.

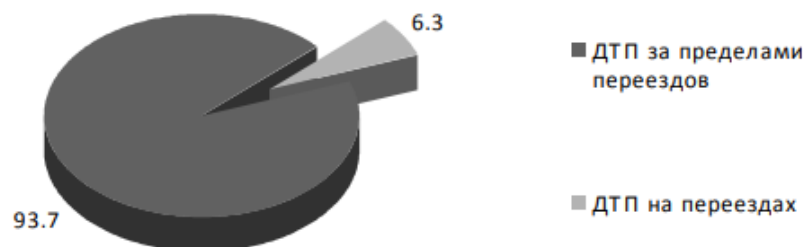
Було проаналізовано розташування залізничних переїздів в містах і методики техніко-економічного обґрунтування можливих проектних рішень. Тарадін М. А. в роботі [3] розглядав питання підвищення безпеки за допомогою пристроїв автоматики і телемеханіки. Був проведений огляд систем забезпечення безпеки і аналіз методів оцінки безпеки руху на залізничних переїздах, розроблена математична модель для оцінки безпеки руху на однорівневих пересіченнях, запропоновано також систему забезпечення безпеки руху на залізничному переїзді з використанням відеоспостереження і визначена оцінка її технологічної ефективності. Ганичев А.І. в науковій роботі [4] досліджував ефективність роботи переїздів в системах «машиніст - локомотив - навколишнє середовище» і «Оператор - транспорт - дорога - довкілля» з розробкою технічних засобів попередження дорожньо-транспортної пригоди. Бойніков А.Б. в роботі [5] розглядав способи підвищення ефективності систем управління загороджувальними пристроями на переїздах. В процесі аналізу було виявлено, що однією з основних причин аварійності є недостатня ефективність систем управління загороджувальними пристроями.

При досить детальній обробці важливих технічних питань (Розміщення переїздів, їх облаштування технічними пристроями, забезпечення безпеки руху на переїзді засобами сигналізації та т.п.) більшість економічних аспектів проблеми залишаються недостатньо вивченими.

Автори розкривають різні аспекти пристроїв та роботи залізничного переїзду, але при цьому все одно залишається багато питань і дискусій з приводу однорівневих перетинів.

Проблема залізничних переїздів актуальна для всіх промислово розвинених країн. Перетин автомобільних доріг із залізницями характеризуються непродуктивними простоями автотранспорту. Через наявність переїздів при певних обставинах доводиться міняти маршрут руху автотранспортних засобів деяких категорій.

На сьогодні Україна належить до країн з високим рівнем транспортної аварійності. Про масштаби і серйозність проблеми говорять наступні цифри. У 2011 році в транспортній галузі відбулося 1277 аварійних подій, з яких на переїздах сталося 80, що становить 6,3% від загальної кількості транспортних аварій дивитися. (Мал. 3.1)



(Мал. 3.1) - Частка ДТП на переїздах щодо ДТП за їх межами

У 2013 відбулося 94 випадки зіткнення залізничного рухомого складу з автомобільним транспортом, з яких 84 — на залізничних переїздах, що належать Укрзалізниці, і 10 - на коліях поза ними [7].

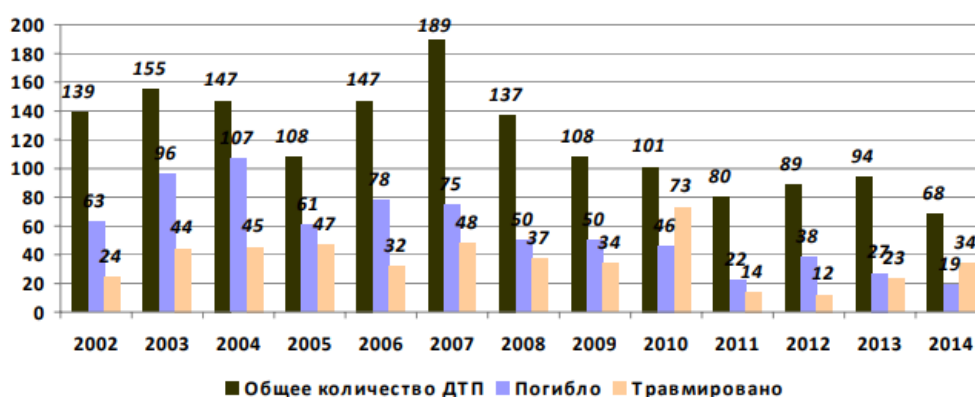
У 33-ох дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) постраждали 50 осіб, з яких загинули 23 і травмовані 27. У 85 випадках зіткнень на залізничних переїздах автотранспорт був збитий поїздом і в дев'яти

випадках автомобіль в'їхав у бік поїзда. По 2013 внаслідок трьох ДТП сталося сходження залізничного рухомого складу з рейок, в одному випадку зійшло два вантажні вагони, а в двох інших - електровоз і спеціальний самохідний рухомий склад (автодрезини).

Всі випадки сталися через безтурботність водіїв, порушення Правил дорожнього руху (глава 20 «Рух через залізничні переїзди»).

Так, 1 жовтня 2013 при проходженні вантажного поїзда на переїзді 284 км пк 1 перегону Павлиш - Бурти в Кіровоградській області допущено ДТП з легковим автомобілем. Сигналізація на переїзді працювала справно, втім, водій автомобіля виїхав на непарну колію переїзду. В результаті зіткнення травмовано водія та пасажирів авто. Поїзд затриманий на 3 години 30 хв [6].

Однак статистика дорожньо-транспортних пригод на залізничних переїздах свідчить, що за останні роки кількість ДТП на переїздах зменшується. Так в 2002 було зареєстровано 139 ДТП, а в 2014 рр. - 68 (Мал 3.2). Однак це не означає автоматичного зменшення профілактичних дій з боку відомства - робота по профілактиці безпеки руху на залізничних переїздах тривають.



(Мал. 3.2) Графік ДТП на переїздах (2002-2014 рр.)

Адже практично кожен ДТП - це трагічна подія, тому що шанс вижити після зіткнення з поїздом дуже низький.

Укрзалізниця спільно з Міністерством інфраструктури України постійно здійснює заходи щодо підвищення рівня безпеки руху на залізничних переїздах і обладнання їх додатковими засобами безпеки.

Для забезпечення безпеки руху на 1497 залізничних переїздах є черговий працівник, 411 переїздів обладнані чотирма шлагбаумами, введено в постійну експлуатацію сім нових загороджувальних бар'єрних установок, а також передбачено їх подальше впровадження, на пересічних автомагістралей із залізничними коліями планується будувати шляхопроводи (Розпорядження КМУ від 25 травня 2011 року № 480-р «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2015 рр. »), Затверджена Галузева програма забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах на 2011 - 2015 років.

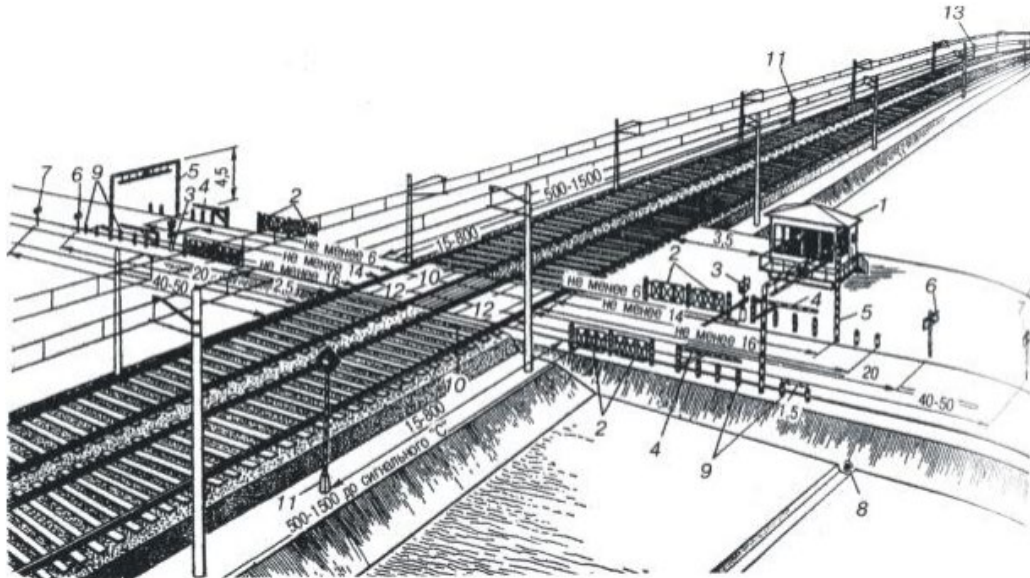
Але 3925 переїздів залишаються без чергового працівника. середнє відстань між залізничними переїздами Укрзалізниці складає 4,5 км, а тому виникає необхідність закривати малодіяльні переїзди, якщо існує об'їзд, або розведення їх у різні рівні [7].

Підсумовуючи вище наведені факти, можна констатувати, що забезпечити повну безпеку руху на переїзді влаштовуючи додаткові засоби безпеки, такі як призначення чергового на переїзді, пристрій двох або чотирьох шлагбаумів або загороджувальні бар'єрні установки, неможливо, оскільки ймовірність потрапляння автомобіля на шлях залишається на рівні 100%. тільки будівництво різнорівневих розв'язок забезпечує повну безпеку руху як автомобільного, так і залізничного транспорту.

Проведення модернізації залізниці передбачає відновлення первинних експлуатаційних параметрів залізничної інфраструктури, що сприяє поліпшенню якості і безпеки транспортних послуг. Так основними завданнями, які повинні бути виконані до 2015 року, є заміна установок

автоматичної сигналізації на переїздах, застарілого обладнання і переїзного настилу.

В рамках модернізації планується також зміна категорій переїздів. На (Мал. 3.3) зображена схема переїзду I-II категорій.

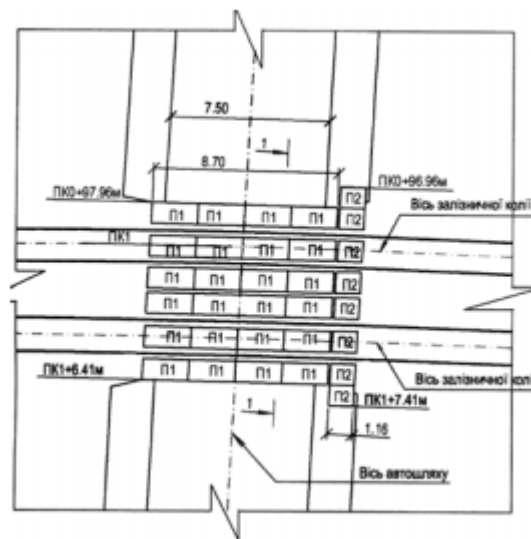


(Мал. 3.3) Залізничний переїзд:

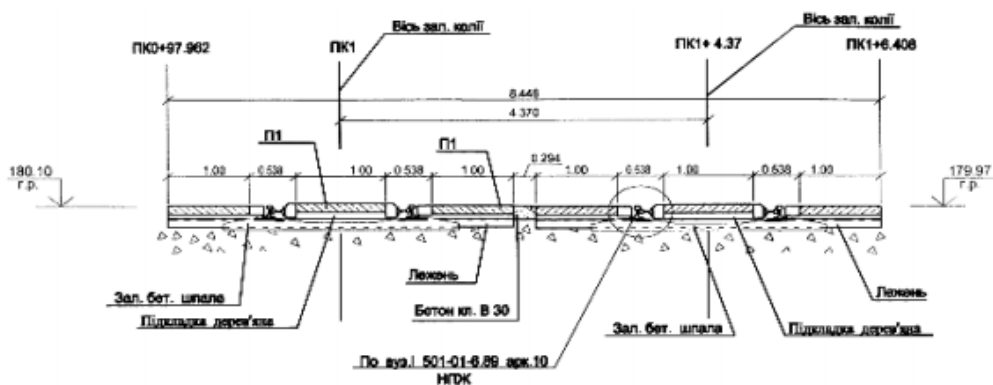
- 1 - приміщення переїзного поста; 2 - перила;
- 3 - автомобільний шлагбаум; 4 - запасні ручні шлагбауми;
- 5 - габаритні ворота; 6 і 7 - попереджувальні знаки;
- 8 - водопропускна труба; 9 - огорожувальні стовпчики;
- 10 - трубка для переносних сигналів; 11 - світлофор; 12 - настил;
- 13 - сигнальний знак

Заміна переїзного настилу. Вибір типу дорожнього покриття, одним з факторів, який визначає безпеку руху автотранспорту через переїзд є стан залізничноавтомобільного покриття. Чинне положення про технічні умови, яким повинні відповідати перетин залізничних ліній з дорогами загального користування та їх розташування, на жаль, не визначає вимог і будівельних норм, що стосуються дорожнього покриття в районі переїзду, зосереджуючись лише на вимогах в області геометрії шляху, шлагбаумів, світлофорів, освітлення і умов видимості.

Настил переїздів може бути залізобетонної, дерев'яної і гумокордової конструкції. Рекомендації Інструкції [8] про те, що на переїздах I та II категорій перевагу необхідно віддавати більш прогресивним типам настилу не є достатніми. Розглянемо це питання більш детально. Щоб уявити розташування та умови роботи настилу на (Мал.3.4) зображена схема, а на (Мал.3.5) - поперечний розріз настилу і шляхів на переїзді.



Мал. 3.4 Схема настилу на переїзді



Мал. 3.5 Поперечний розріз переїзду

Дослідження цього питання показало, що вирішальний вплив на стан покриття залізничного переїзду має автомобільний рух. Тому, при модернізації переїздів враховуються навантаження від вантажних автомобілів, які безпосередньо впливають на знос дорожнього покриття.

Встановлено, що при визначенні типу дорожнього покриття на залізничному переїзді, вирішальну роль відіграють її несуча здатність, рівність, міцність і стан поверхні. На ці параметри головним чином впливають: якість матеріалів, з яких виконано покриття, стабільність укладання та стан підстави. Основою верхньої будови колії є мало або великогабаритні плити, покладені на баласт. Найбільш значний вплив на деформації та пошкодження таких конструкцій мають забруднення, які проникають з поверхні дороги до підстави, а також високі навантаження від автомобільного транспорту. Вони викликають деградацію елементів конструкції верхньої будови і баласту, а в результаті нерівності і пошкодження проїжджої частини.

Динамічним впливом, які викликають нерівності і ушкодження настилу, є покриття, міцно не поєднаних з залізничними коліями. Тому, використовувати їх можна тільки для переїздів з малим рухом автомобільного транспорту.

Покриття, проміжно поєднане з шляхами, характеризується значно більшою довговічністю, яка залежить від стану баласту і нижнього будови колії, а також водовідведення в районі переїзду. Такі конструкції вимагають періодичного проведення ремонтних робіт, що пов'язане із закриттям переїзду для руху залізничного та автомобільного транспорту.

Покриття цього типу повинні використовуватися на переїздах із середнім рухом автомобільного транспорту.

Безбаластне покриття, інтегроване з шляхами, характеризується герметичністю, міцністю кріплення, а завдяки суцільному висновку, значно меншим динамічним впливам, які передаються на нижню будову

колії, ніж у випадку покриття з малогабаритних плит, вважається покриттям, що гарантує безаварійну експлуатацію протягом тривалого часу, і вимагає мінімальних витрат на експлуатацію. Такі конструкції повинні використовуватися на переїздах з високою інтенсивністю руху, де в основному відбувається рух вантажних транспортних коштів, а також на переїздах, розташованих на залізничних лініях, на яких закриття залізничного руху небажано.

Прикладом такого підходу може бути модернізація близько 70 залізничних переїздів із застосуванням конструкції інтегрованого залізнично-автомобільного покриття, яку пропонує компанія "TINES" на мережі польських залізниць (Мал. 3.6 і 3.7).

Дана технологія застосовується на переїздах, які експлуатуються в умовах інтенсивного залізничного і автомобільного руху, де навантаження осі рухомого складу досягає 245 кН, а автомобілів - до 140 кН.

Рішення характеризується високою міцністю, стійкістю до дії атмосферних чинників, рівномірним, обмеженим до мінімуму осіданням шляхи і проїжджої частини, а також здатністю зниження динамічного впливу від руху транспортних засобів на конструкцію рейкової шляхи і навколишнє середовище.



Мал. 3.6 Залізничний переїзд на ділянці швидкісного руху



Мал. 3.7 Залізничний переїзд в м Познань

Такі фактори, як: простий і швидкий монтаж (завдяки інтеграції залізничної колії і проїжджої частини) і можливість застосування великогабаритних плит завдовжки оптимально підібраних до довжини переїзду, безпосередньо впливають на скорочення часу закриття ділянки залізної дороги в період ремонтних робіт.

Нововведення було також вперше застосовано на ділянці казахстанської залізничної лінії Кзілсай - Казігурт, що є частиною міжнародного транспортного коридору Західна Європа — Західний Китай [9]. На залізницях Росії для забезпечення безпеки дорожнього руху пропонується на всіх залізничних переїздах, не обладнаних пристроями загородження переїзду, встановити «лежачі поліцейські». Ці штучні нерівності, на думку керівництва служби колії, будуть запобігати порушенням водіями автомобілів швидкісного режиму, так як в більшості випадків ДТП трапляються через те, що водії не можуть адекватно оцінити швидкість рухомого складу. Їм здається, що він рухається повільніше, ніж насправді. Тому водії авто поспішають переїхати переїзд і не зменшують швидкість, а «лежачий поліцейський» може посприяти їх зупинці [10].

Заміна установок автоматичної сигналізації на переїздах. З 2004 р на переїздах України експериментально впровадили запорнобар'єрні установки, які унеможливають заїзд на залізничну колію переїзду

(Мал.3.8). На таких переїздах відсутні випадки порушення правил переїзду шляхів, але, на жаль, цей експеримент не знайшов поширення.

Укрзалізниця почала проводити роботу по інвентаризації потенційно небезпечних місць. Всім перетинам присвоюється індекс небезпеки і розробляються конкретні заходи в контексті цих заходів.

В Україні, як на всьому пострадянському просторі, для забезпечення безпеки на залізничних переїздах використовуються пристрої огорожі, що діють за принципом фіксованої відстані (Світлофорна сигналізація, дорожні знаки).



Мал. 3.8 Система безпеки руху на залізничному переїзді

Суть ідеї полягає в необхідній і достатній функції забезпечення безпеки руху на переїзді своєчасним і надійним повідомленням водіїв автотранспортних засобів і пішоходів про наближення потяга. Ця ідея проста, і влаштування огорожі виявилось відносно дешевим в технічній реалізації.

Однак в умовах підвищення швидкостей і інтенсивності руху транспорту ці пристрої огорожі виявляються все менш ефективними. Функція своєчасного і надійного оповіщення водіїв автотранспортних засобів і пішоходів про наближення поїзда виявилася дійсно необхідною, але абсолютно недостатньою для забезпечення високого рівня безпеки.

Тому в Україні на особливо небезпечних переїздах, на яких застосовувалися системи огорожі фіксованої відстані, в останні роки облаштовуються додатковими пристроями, такими як:

- сигналізація місячно-білим світлом;
- додаткова пара автоматичних шлагбаумів;
- загороджувальні бар'єрні установки.

Крім цього на сьогоднішній день знаходяться в стадії розробки пристрою, використання яких в сукупності з вищенаведеними пристроями здатні нейтралізувати практично всі фактори ризику на залізничних переїздах. До таких відносяться:

- зрівняння часу оповіщення про наближення поїзда;
- контроль аварійності на переїздах;
- автоматична реєстрація порушення правил руху водіями автотранспорту;
- повідомлення машиніста поїзда, що наближається, про ситуацію на переїзді.

Звичайно, при цьому виникають питання вартості підвищення безпеки на залізничному переїзді, які пристрої доцільно застосовувати і розвивати і за яких умов стає доцільним влаштовувати розв'язки в різних рівнях. Відповісти на ці питання надзвичайно непросто, оскільки через вплив людського фактора, залежності між основними показниками транспортного процесу на переїзді несуть дуже складний імовірнісний характер і найбільш повно можуть бути визначені методами статистичного моделювання. Наприклад, використання систем огорожі пристроями фіксованої відстані викликають наднормативні простої автотранспорту, що призводять до негативних наслідків. Перш за все, наднормативний простій викликає у водіїв автотранспорту недовіру до огорожувальних пристроїв і провокує на порушення правил дорожнього руху. Крім цього,

понаднормовий простій мають негативний екологічний та економічний аспекти [11].

Рекомендації по реконструкції одноуровневого залізничного перетину на напрямку МТК №9 Київ - Зернове

На кафедрі «Проектування і будівництво доріг» були проведені дослідження, результати яких викладені в роботі [12]. Ділянка залізниці Дарниця - Воронежське проходить по густонаселеній території, поблизу великих міст і в 61-му місці перетинається з автомобільною дорогою, в тому числі 11 в різних рівнях (крім шляхопроводів в містах) і 50 в одному рівні із залізничними коліями.

Загальні відомості про переїздах представлені в (Табл. 3.1.)

Технічне оснащення Кількість переїздів	Кількість переїздів		
	всього	охороняються	не охороняються
• Автоматичні шлагбауми	35	35	—
• Напіваавтоматичні шлагбауми	10	10	—
• Електрошлагбауми	1	1	—
• Без шлагбаумів	4	—	4
Всього:	50	46	4
В тому числі			
на перегонах	41	37	4
на станціях	9	9	—

Табл.3.1 Основні характеристики переїздів

За інтенсивністю роботи 20 переїздів відносяться до першої та другої категорій, 25 - до третьої і 5 до четвертої. На 34 переїздах має місце

автобусний рух. Всі переїзди, за винятком чотирьох, мають автоматичні або напівавтоматичні шлагбауми і обслуговуються черговим.

Більшість переїздів, а таких 75%, це перетин залізничної шляху з шосе і дорогами з асфальтовим покриттям. Покриття на переїздах в зоні рейкового шляху вкрито залізобетонними плитами. На двох переїздах укладено гумокордові покриття.

Всі переїзди в даний час не обмежують встановлені швидкості руху 120-140 км / год. При введенні швидкісного руху близько 20-ти переїздів можуть виявитися в зоні встановленої максимальної швидкості 160 км / год, що вимагає підвищення їх категорії з забезпеченням додаткових заходів безпеки руху, доцільно розглянути варіанти закриття деяких переїздів або перебудови їх в дворівневі розв'язки. З наведених даних за технічним оснащенням і параметрів ділянки Дарниця - Воронеж можна зробити висновок, що ті заходи, які проводить Південно-Західна залізниця, є достатнім тільки для реалізації швидкості 120 км / ч. При підвищенні швидкості до 140-160 км / год потрібні додаткові заходи по заміні переїздів шляхопроводами або прийнятті додаткових заходів, які забезпечать безпеку руху поїздів.

Провівши аналіз ділянки, було запропоновано облаштувати переїзди додатковими засобами безпеки або побудувати шляхопроводи (Табл. 3.2).

При швидкості 140 км / год замість шляхопроводів слід передбачати додаткові заходи, які б забезпечили безпеку руху поїздів і автотранспорту. При збільшенні швидкостей руху поїздів до 160 км / год і до 200 км / год необхідно провести аналіз доцільності заміни переїздів шляхопроводами, оскільки збільшується час закриття переїзду і час простою автотранспорту, і, отже, у водія може виникнути бажання перетнути переїзд при заборонному сигналі на переїзді. Через це збільшується ризик зіткнення поїзда і автомобіля. збільшення часу простою автотранспорту на переїзді

негативно впливає як на економічну складову перевезень автотранспортом, так і на екологічний аспект через наявність шкідливих викидів.

Ділянка	№ Дис-танції шляху	Пікетаж осі пе-реїзду	Швидкість руху поїздів км / год		Кіль-кість ав-то-мобілів за добу	Кіль-кість ав-тобусів за добу	Кіль-кість потягів за добу	Рекоме-ндовані заходи
			Факт.	Проект.				
1. Неплюєва - Ямпіль	6	км. 536 пк.0+51	100/80	160	511	29	55	Додат-кові заходи безпеки
2. Воро-нежская - Брюло-вецький	6	км.565 пк.7+40	100/80	160	1120	46	66	Будів-ництво шляхо-проводу
3. Мельня - Вировка	1	км.628 пк.2+14	80	160	1252	—	116	Додат-кові заходи безпеки
4. Бах-мач-Кієвській - Чере-мушки	1	км.664 пк.1+25	140/80	160	1708	14	146	Додат-кові заходи безпеки
	5	км.732 пк.4+67	140/80	160	3120	261	238	Будів-ництво

5. Неплю- єва - Ямпіль								шляхо- проводу
		км.748 пк.8+29	140/80	160	2119	22	238	Будів- ництво шляхо- проводу
5. Неплю- єва - Ямпіль	5	км.773 пк.7+81	140/80	160	1600	—	239	Додат- кові заходи безпеки
		км.776 пк.9+64	120/80	160	1232	29	239	Додат- кові заходи безпеки

Табл. 3.2 Основні характеристики переїздів і рекомендовані заходи

1.4. Висновки за розділом. Мета та задачі дослідження

Відповідно до проведеного аналізу можна зробити наступні висновки.

Залізничний переїзд як місце перетину залізничних колій з автомобільною дорогою в одному рівні, є одним з найбільш небезпечних місць на залізничному транспорті.

Про це свідчить статистика дорожньо-транспортних пригод як в Україні, так і в цілому у промислово розвинутих країнах.

Стан безпеки руху на залізничних переїздах в Україні залежить не тільки від технічного оснащення переїзду, а і від культури поведінки усіх учасників руху. Організація руху по залізничних переїздах повинна забезпечувати максимальний захист учасників руху від потрапляння в ДТП, мінімальні затримки транспортних засобів і максимальну зручність пересування водіїв, машиністів і пасажирів транспортних засобів через переїзд.

Вітчизняний і зарубіжний досвід свідчить, що повністю запобігти зіткнення залізничного та автомобільного транспорту можна тільки у випадку, якщо виключити можливість перетину на одному рівні рейок і автодороги. Цього можна досягти шляхом будівництва шляхопроводів, а також забезпеченням комплексного використання ряду організаційних, навчальних та технічних заходів. Але таке рішення є дуже дорогим і не може бути повністю виконано в Україні у найближчий час.

Додатковою проблемою на залізничних переїздах є необґрунтовано завищений час очікування автотранспортом проходження поїзду, яке може становити 12 і більше хвилин. Це пов'язано з тим, що фактична швидкість руху різних поїздів може сильно відрізнятись, в той час як включення АПС відбувається при вступі поїзда на ділянку наближення з фіксованою довжиною, яка розраховується на максимальну швидкість руху поїзда.

Розвиток нових комп'ютерно-інтегрованих технологій на залізничному транспорті дозволяє підвищити безпеку на переїздах шляхом використання додаткових систем контролю.

Метою даної роботи є підвищення безпеки на швидкісних залізничних переїздах шляхом розробки методу додаткового контролю за рухомими одиницями.

Для досягнення мети в роботі сформульовано наступні завдання.

- 1 Визначення часу очікування автотранспорту на переїзді в залежності від швидкості поїзду. Визначення довжини ділянки наближення та часу сповіщення в існуючих системах автоматичної переїзної сигналізації.
- 2 Розробка методу контролю положення та швидкості поїзда на ділянці наближення.
- 3 Контроль положення та швидкості поїзда на ділянці наближення за імпедансом рейкової лінії.
- 4 Моделювання зміни імпедансу рейкової лінії в залежності від положення поїзду.
- 5 Вплив опору ізоляції баласту рейкової лінії на її імпеданс.

2.2. Визначення довжини ділянки наближення та часу сповіщення існуючих систем автоматичної переїзної сигналізації (АПС)

Переездна автоматика повинна включатися при знаходженні поїзда на певній відстані від переїзду. Ця відстань повинна бути таким, щоб було достатньо часу для повного звільнення переїзду автотранспортом, який знаходиться на переїзді в момент включення сигналізації, до підходу поїзда. Для повної безпеки необхідно передбачати ще певний гарантійний запас часу [19].

Розрахункова довжина L_{PK} ділянки наближення перед переїздом визначається за формулою:

$$L_{уч.пр.} = 0.28 t_{и} V_{пmax} \quad 2.1$$

де 0.28 - коефіцієнт переведення розмірності швидкості з км / год в м / с;

$V_{пmax}$ - максимальна допустима швидкість руху поїздів на ділянці, км / год;

$t_{и}$ - розрахунковий час сповіщення про наближення поїзда до переїзду, с.

Розрахунковий час сповіщення про наближення поїзда до переїзду визначається за формулою:

$$t_{и} = t_{м} + t_{сп} + t_{г} \quad 2.2 \text{ де } t_{м} -$$

час проходження автомобіля через переїзд;

$t_{сп}$ - час спрацьовування приладів переїзної автоматики який дорівнює 4 с.

$t_{г}$ - додаткове гарантований час який дорівнює 10 с.

Час проходження автомобіля через переїзд можна знайти за формулою:

$$t_{м} = \frac{l_n + l_{mp} + l_o}{V_{м}} \quad 2.3$$

де довжина переїзду $l_{n1} = 11\text{м}$; $l_{n2} = 22\text{м}$.довжина переїзду залежить від кількості колій, які перетинатимуться автотранспортом, а також від відстаней між переїзними світлофорами чи шлагбаумами та крайніми рейками залізничних колій та ширини міждоколій;

l_{mp} - максимальна довжина автомобіля 24 м;

l_0 - відстань від місця зупинки автомобіля до переїзного світлофора або шлагбаума 5 м;

швидкість руху автомобіля по переїзду, $V_m = 8$ км/ч що дорівнює 2.2 м / с.

Знайдемо значення часу проходження автомобіля через переїзд для різної довжини переїзду:

$$t_{m1} = \frac{11+24+5}{2.2} = 18.18 \text{ с};$$

$$t_{m2} = \frac{22+24+5}{2.2} = 23.18 \text{ с};$$

Далі знаходимо час сповіщення:

$$t_{и1} = 18.18 + 4 + 10 = 32.18 \text{ с};$$

$$t_{и2} = 23.18 + 4 + 10 = 37.18 \text{ с};$$

Приймемо максимальну швидкість поїзда рівну $V_{пmax} = 140$ км / год, а фактична швидкість руху поїзда на ділянці (20, 40, 60 ... 120 км / ч).

$$L_{уч.пр.1} = 0.28 \cdot 32.18 \cdot 140 = 1261.53 \text{ м};$$

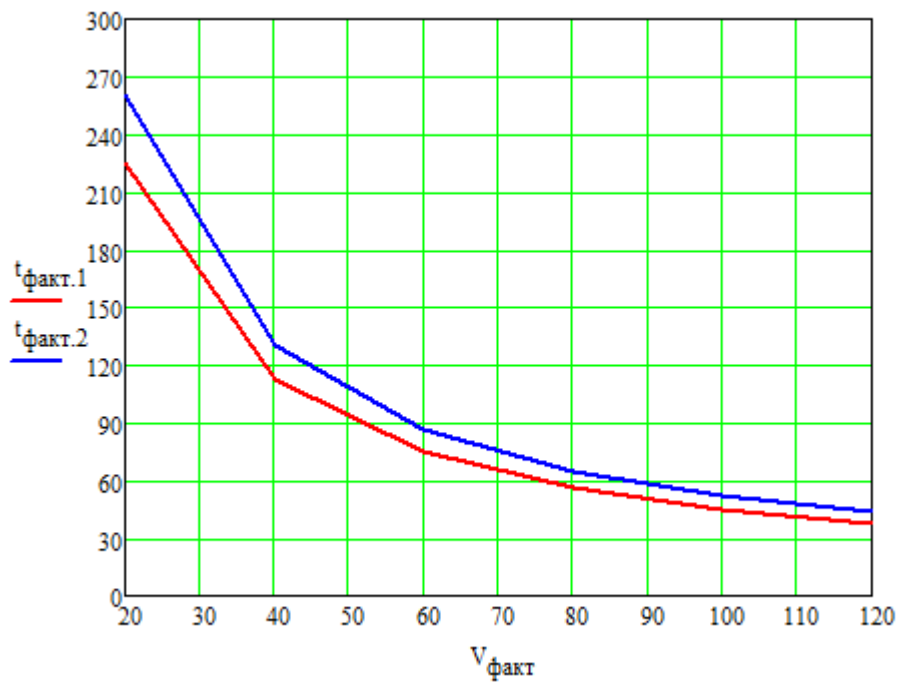
$$L_{уч.пр.2} = 0.28 \cdot 37.18 \cdot 140 = 1457.53 \text{ м};$$

Фактичний час очікування визначається за формулою:

$$t_{факт} = \frac{L_{уч.пр.}}{0.28V_{факт}} \quad 2.4$$

$$t_{факт1} = \frac{1261.53}{0.28 \cdot (20, 40, 60, 80, 100, 120)} = \begin{matrix} 225.273 \\ 112.636 \\ 75.091 \\ 56.318 \\ 45.055 \\ 37.545 \end{matrix} \text{ с};$$

$$t_{факт2} = \frac{1457.53}{0.28 \cdot (20, 40, 60, 80, 100, 120)} = \begin{matrix} 260.273 \\ 130.136 \\ 86.758 \\ 65.068 \\ 52.055 \\ 43.379 \end{matrix} \text{ с};$$



Оцінимо час очікування для випадку, коли максимальна швидкість буде рівна $V_{max} = 200$ км / ч. Будемо вважати, що формули для розрахунку часу очікування ті ж.

$$L_{уч.пр.1} = 0.28 \cdot 32.18 \cdot 200 = 1802.18 \text{ м};$$

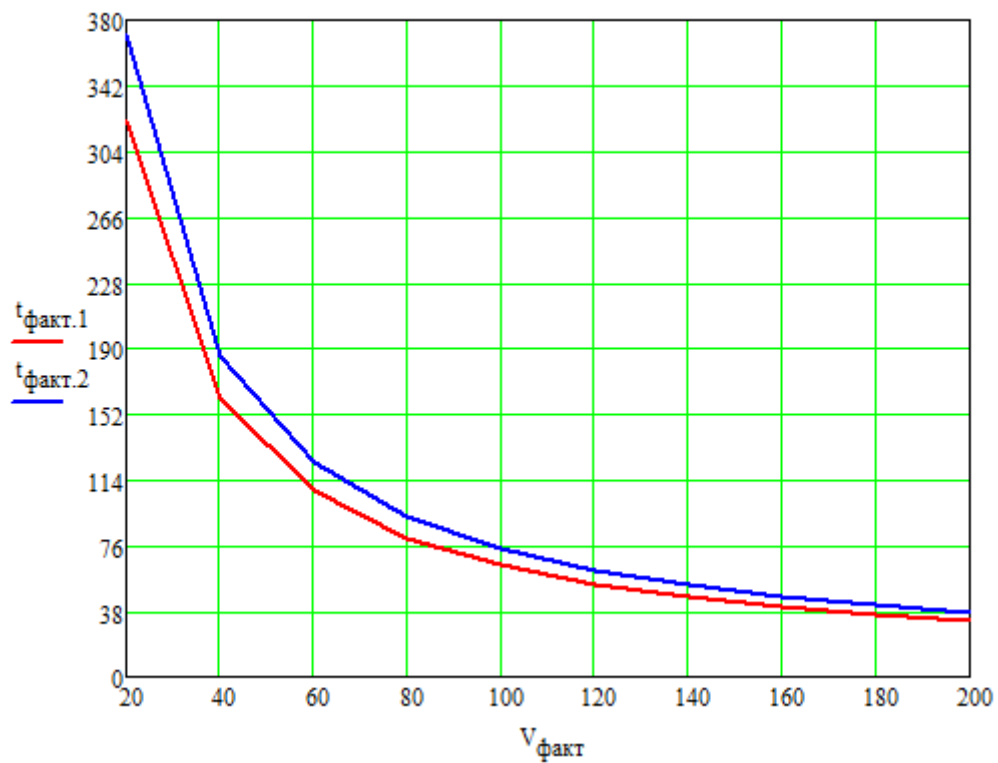
$$L_{уч.пр.2} = 0.28 \cdot 37.18 \cdot 200 = 2082.18 \text{ м}.$$

Фактична швидкість руху поїзда на ділянці (20, 40, 60 ... 200 км / ч).

Фактичний час очікування, що визначається за формулою одно:

$$t_{факт1} = \frac{1802.18}{0.28 \cdot (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200)} = \begin{matrix} 321.818 \\ 160.909 \\ 107.273 \\ 80.455 \\ 64.364 \\ 53.636 \\ 45.974 \\ 40.227 \\ 35.758 \\ 32.182 \end{matrix} \text{ с};$$

$$t_{\text{факт1}} = \frac{2082.18}{0.28 \cdot (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200)} = \begin{matrix} 371.818 \\ 185.909 \\ 123.939 \\ 92.955 \\ 74.364 \\ 61.97 \\ 53.117 \\ 46.477 \\ 41.313 \\ 37.182 \end{matrix} \text{ с};$$



3. РОЗРОБКА МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ ТА ШВИДКОСТІ ПОЇЗДА НА ДІЛЯНЦІ НАБЛИЖЕННЯ

3.1. Метод контролю положення та швидкості поїзда на ділянці наближення за імпедансом рейкової лінії

3.1. Режим роботи рейкових кіл

З огляду на особливу роль РК, в СЗАТ, що забезпечують безпеку руху поїздів, розрахунок і аналіз їх роботи проводять в трьох основних і двох додаткових режимах.

Розрізняють такі основні режими роботи рейкових кіл: нормальний, шунтової, контрольний. У всіх зазначених режимах рейкові кола повинні надійно функціонувати при можливих змінах опору ізоляції та опору рейок, коливаннях напруги джерела живлення, впливах тягового струму. Подорожній приймач повинен бути надійно захищений від помилкового порушення від джерела живлення суміжній рейкового кола при короткому замиканні ізолюючих стиків.

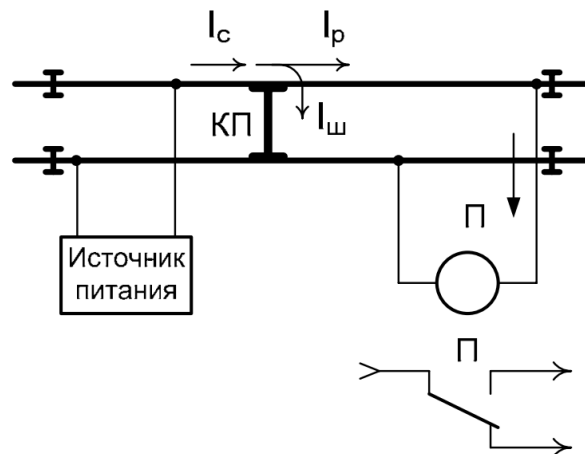
Нормальний режим - це такий стан рейкового кола, коли вона вільна від рухомої одиниці, справна і в пристрої автоматики і телемеханіки видається інформація про вільність. Струм від джерела живлення протікає по рейкових нитках, потрапляє на шляховий приймач, в якому замикається ланцюг між загальним і фронтовим контактом, ніж фіксується відсутність рухомої одиниці на контрольованій ділянці шляху.

Шунтової режим - це такий стан рейкового кола, при якому на контрольованій ділянці знаходиться хоча б одна колісна пара. Від джерела живлення по рейкових нитках протікає струм. Так як опір колісної пари дуже маленький (0,06 Ом), то струм, проходячи по шляху найменшого опору, проходить через колісні пари, а на шляховий приймач потрапляє лише незначна частина струму, якої недостатньо для замикання контактів реле.

В результаті в дорожньому приймачі замикається ланцюг між загальним і тиловим контактами і в пристрої автоматики і телемеханіки видається інформація про зайнятість контрольованої ділянки.

Велика частина сигнального струму I_c проходить через колісну пару (Іш) і тільки незначна частина (I_p) проходить через колійне реле (відбувається

шунтової ефект). Шляхове реле має надійно відпустити свій якір при безперервному харчуванні або не притягати при імпульсному і кодовому харчуванні РК. Реле замикає тиліві контакти, в результаті чого фіксується зайняте стан контрольованого ділянки шляху.



Мал. 3.1. Схема рейкового кола в шунтового режимі

Контрольний режим - такий стан рейкового кола, коли електрична цілісність рейкових ниток пошкоджена (пошкоджений або вилучено рейок) на контрольованій ділянці. Так як шлях для проходження струму через рейкові нитки розірвано, то струм проходить через баластний шар через опір ізоляції (баласту), але значення цього струму значно знижується. В результаті в дорожньому приймачі напруга знижується і видається інформація про зайнятість контрольованої ділянки.

На умови рейкового кола в кожному з режимів впливають три незалежні змінні величини:

- опір ізоляції ($r_{\text{и}}$);
- опір рейок (z).
- напруга джерела струму ($U_{\text{т}}$).

Оскільки шляхів приймач повинен вести себе відповідним чином при будь-яких умовах, в розрахунках рейкового кола завжди враховуються найбільш

важкі умови для кожного режиму роботи рейкового кола. Найгірші умови для режимів наведені в (Табл. 3.1)

Режими	U_T	z	$r_{\text{и}}$
Нормальний	min	max	min
Шунтовой	max	min	max
Контрольний	max	min	критичне

Табл.3.1 Скорочена уява про умови роботи РК.

Крім основних режимів роботи рейкового кола є два додаткових: короткого замикання (КЗ) і автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС).

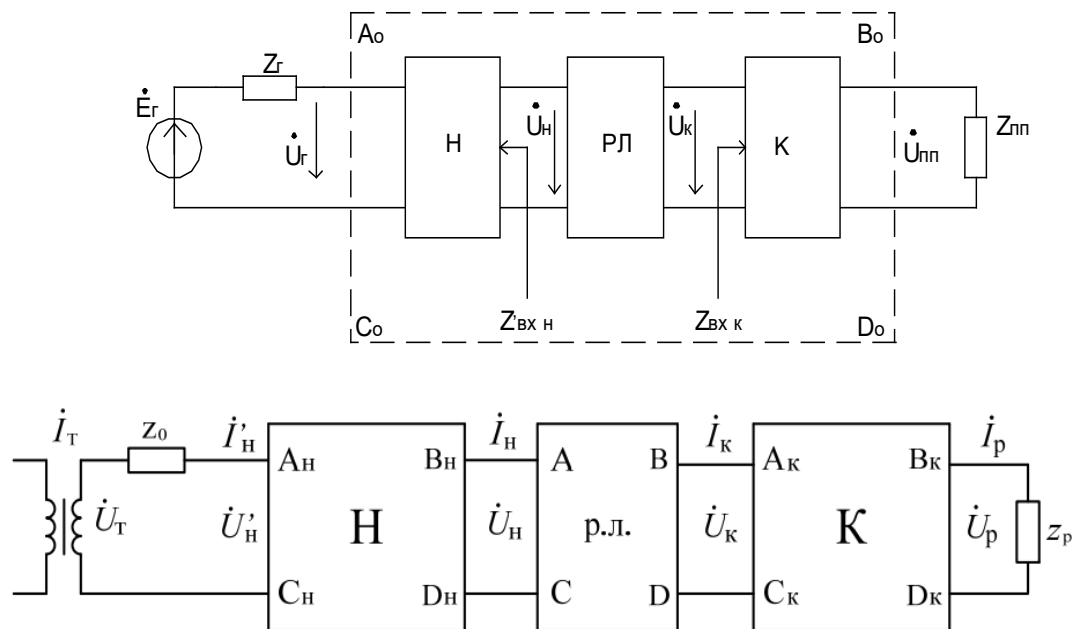
Режим КЗ настає при в'їзді поїздів на живить кінець. Потужність, споживана від джерела живлення рейкового кола при цьому, повинна бути менше, ніж допустима.

Режим АЛС повинен забезпечувати нормальну роботу локомотивних пристроїв АЛС, для чого струм ($I_{\text{лс}}$) в рейках під приймальними котушками локомотива в точці, найбільш віддаленій від джерела, не повинен бути менше нормативної величини ($I_{\text{лсн}}$). Найгірші умови для цього режиму збігаються з найгіршими умовами для нормального режиму.

3.2. Схема заміщення

Рейкове коло може бути представлена схемою заміщення (Мал. 3.2), на якій основні структурні частини зображені у вигляді чотириполісників: Н (апаратури передавального кінця), РЛ (рейкової лінії) і К (апаратури приймального кінця), до яких підключені джерело напруги Е і шляховий

приймач Z_p . Для визначення напруг і струмів в різних точках ланцюга, а також для розрахунку споживаних потужностей, необхідно знати електричні параметри перерахованих елементів.



Мал. 3.2 Загальна схема заміщення рейкового кола

Будь-чотириполусник характеризується комплексними параметрами A , B , C , D , які є коефіцієнтами рівнянь, що зв'язують вхідні (\dot{U}_1, \dot{I}_1) і вихідні (\dot{U}_2, \dot{I}_2) напруги і струми:

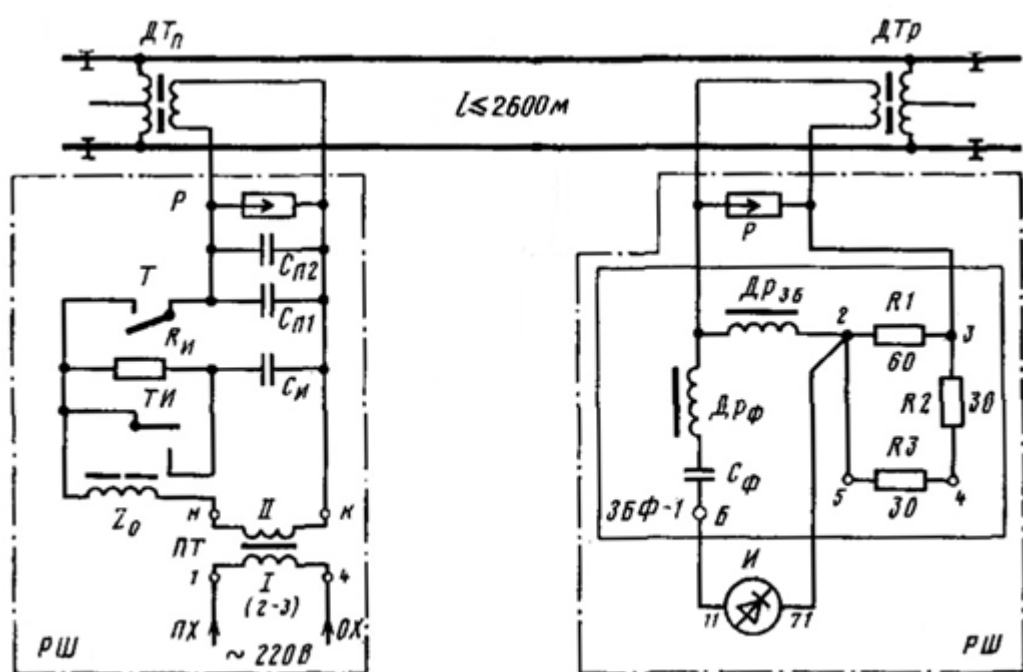
$$\dot{U}_1 = A \cdot \dot{U}_2 + B \cdot \dot{I}_2. \quad 3.1$$

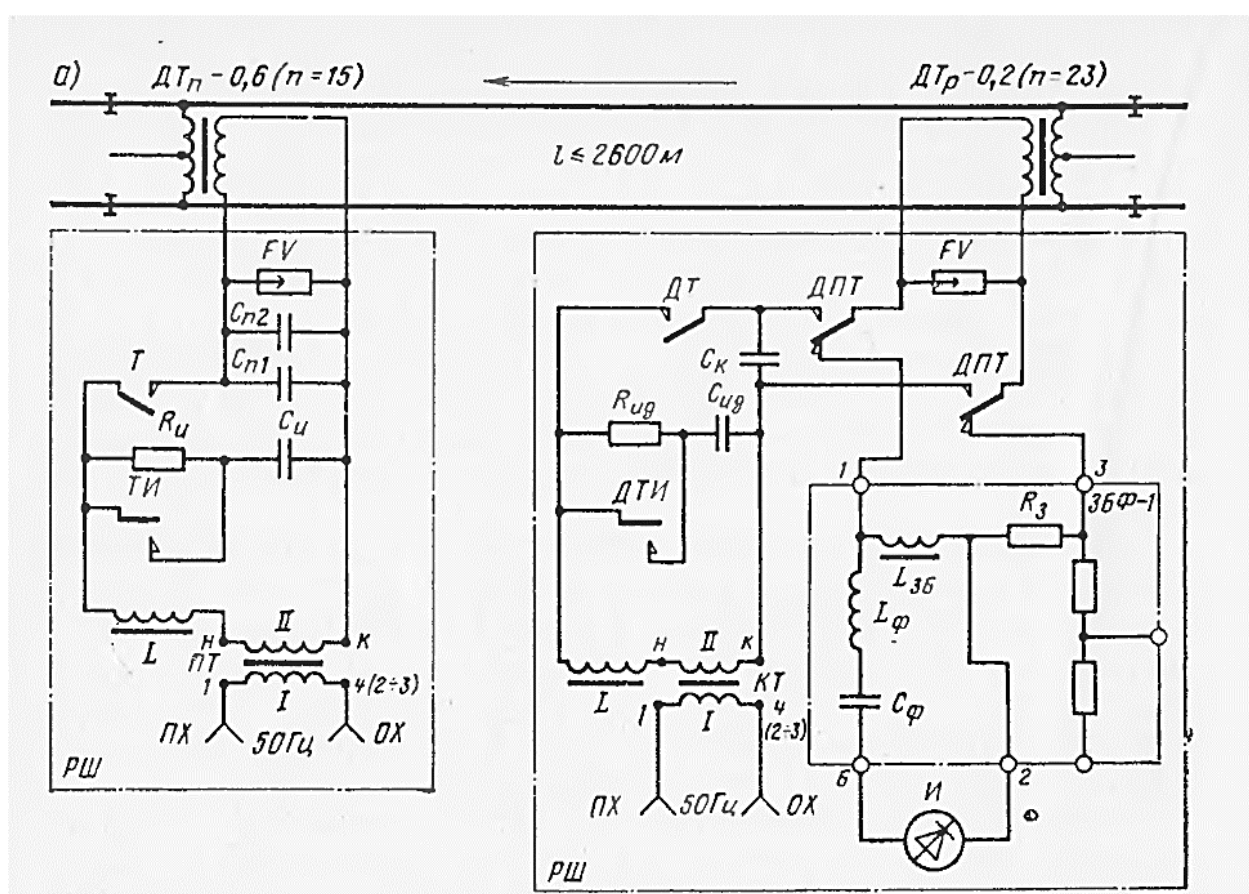
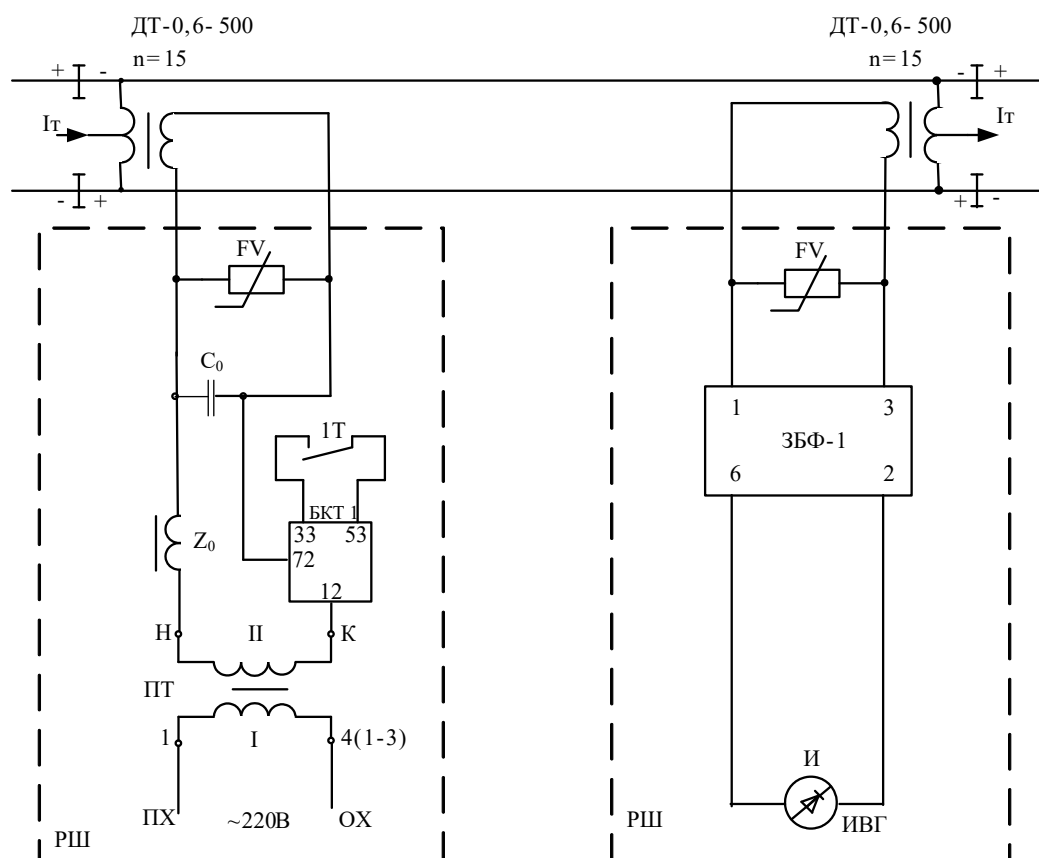
Значення коефіцієнтів A , B , C , D визначаються внутрішньою структурою чотириполусника. При відомих параметрах A , B , C , D можна визначити вхідні $Z_{вх}$ і вихідні $Z_{вих}$ опору чотириполусників.

3.3. Схема кодової рейкового кола і схеми заміщення в нормальному і шунтового режимі

При електричній тязі постійного струму на перегонах, обладнаних числовий кодової автоблокуванням застосовують кодові рейкові кола, які

живляться від високовольтної лінії АБ імпульсами (кодами) змінного струму промислової частоти 50 Гц. Як приклад візьмемо схему кодової РК змінного струму частотою 50 Гц (Мал. 3.3).





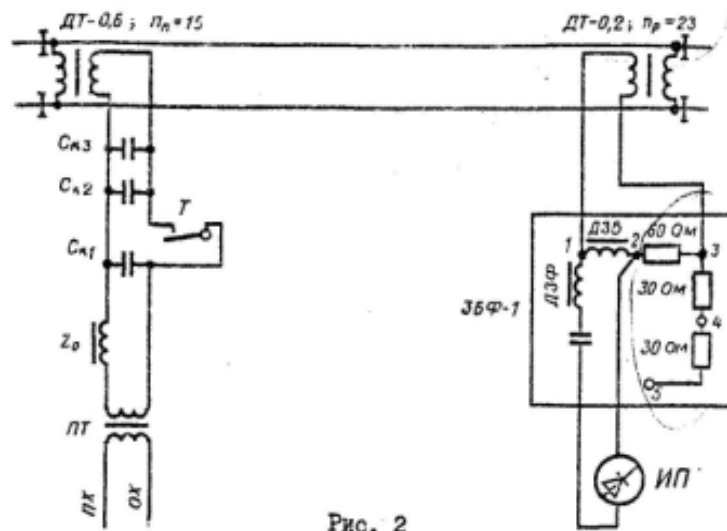


Рис. 2

Мал. 3.3 Принципова схема кодової РК змінного струму частотою 50 Гц.

Для скорочення обсягу розрахунку всі елементи живильного кінця РК між рейками і ПТ заміщають чотириполюсником Н, а елементи релейного кінця між рейками і дорожнім реле - чотириполюсником К. Схема заміщення кодової РК для розрахунку в нормальному режимі представлена на (Мал. 3.4).

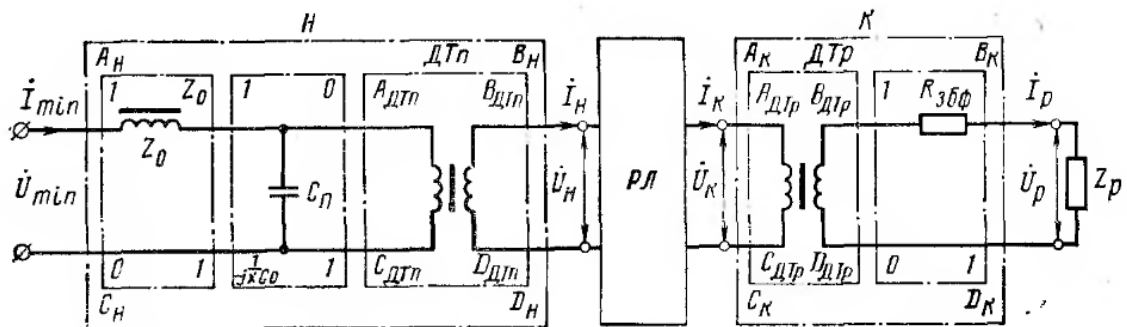
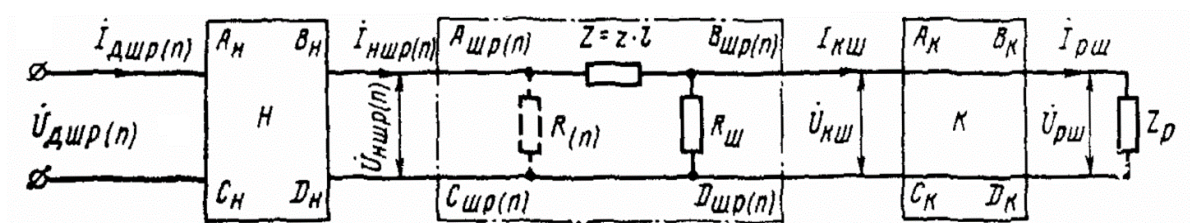


Рис. 5.23. Схема заміщення кодової рельсової цепи для нормального режима

Мал. 3.4. Схема заміщення кодової РК для нормального режиму

При розрахунку нормального режиму критеріями, що визначають режим роботи РК, є напруга U , струм I і потужність S джерела живлення, при яких надійно спрацює шляховий приймач. Розрахунок РК виконують при вільному РК, нормативному опорі рейкової лінії, мінімальному нормативному питомому опорі ізоляції баласту і мінімальному напрузі джерела живлення. Також розраховується коефіцієнт перевантаження, величина якого повинна бути менше допустимого значення $K_{\text{пер}} \leq K_{\text{пер.доп.}}$.

Схема заміщення для розрахунку РК в шунтового режимі наведена на (Мал. 3.5).



Мал. 3.5. Схема заміщення кодової РК для шунтового режиму

Оцінка працездатності РК знаходиться за величиною - коефіцієнтом шунтової чутливості. Даний параметр повинен задовольняти вимоги (≥ 1) на обох кінцях РК.

3.4. Моделювання Зміни імпедансу рейкової Лінії в залежності від положення поїзду

Розрахуємо опір рейкової лінії для схеми постійного струму 50 Гц.
Довжину ділянки наближення приймемо рівну $L_{\text{уп}} = 1.5$ км.

Вторинні параметри рейкової лінії знаходимо по формулах:

- хвильовий опір:

$$Z_c = \sqrt{Z_{\text{рл}} \cdot Z_{\text{кб}}} \quad 3.2$$

- коефіцієнт поширення хвилі:

$$\gamma = \sqrt{\frac{Z_{\text{рл}}}{Z_{\text{кб}}}} \quad 3.3$$

Де - $Z_{\text{рл}}$

$Z_{\text{кб}}$ - ($Z_{\text{кб}} = 1$ Ом / км).

Для рейкової лінії постійного струму 50 Гц $Z_{\text{рл}} = 0.8 \angle 65^\circ$ Ом / км.

Знайдемо значення $Z_{\text{рл}}$ в комплексному вигляді:

$$Z_{\text{рл}} = 0.8$$

Підставивши значення в формули

$$Z_c = \sqrt{(0.338 + j0.725) \cdot 1} = 0.754 + j0.481(\quad) \quad 3.4$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{0.338 + j0.725}{1}} = 0.754 + j0.481(\quad) \quad 3.5$$

Далі знаходимо коефіцієнти чотириполюсника для кожного відрізка

$l_i = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5$ км за формулами:

$$A_i = D_i = ch(\gamma \cdot l_i) \quad 3.6$$

$$B_i = Z_c \cdot ch(\gamma \cdot l_i) \quad 3.7$$

$$C_i = \frac{ch(\gamma \cdot l_i)}{Z_c} \quad 3.8$$

Підставивши значення в формули отримаємо такі коефіцієнти:

$$A_0 = D_0 = ch((0.754 + j0.481) \cdot 0) = 1$$

$$B_0 = (0.754 + j0.481) \cdot ch(0.754 + j0.481 \cdot 0) = 0$$

$$C_0 = \frac{ch((0.754 + j0.481) \cdot 0)}{0.754 + j0.481} = 0$$

$$A_1 = D_1 = ch((0.754 + j0.481) \cdot 0.25) = 1.01 + j0.023$$

$$B_1 = (0.754 + j0.481) \cdot ch(0.754 + j0.481 \cdot 0.25) = 0.083 + j0.183$$

$$C_1 = \frac{ch((0.754 + j0.481) \cdot 0.25)}{0.754 + j0.481} = 0.251 + j0.002$$

$$A_2 = D_2 = 1.041 + j0.092$$

$$B_2 = 0.16 + j0.373$$

$$C_2 = 0.507 + j0.015$$

$$A_3 = D_3 = 1.09 + j0.21$$

$$B_3 = 0.224 + j0.578$$

$$C_3 = 0.773 + j0.052$$

$$A_4 = D_4 = 1.151 + j0.383$$

$$B_4 = 0.265 + j0.806$$

$$C_4 = 1.053 + j0.125$$

$$A_5 = D_5 = 1.22 + j0.616$$

$$B_5 = 0.276 + j1.062$$

$$C_5 = 1.349 + j0.248$$

$$A_6 = D_6 = 1.286 + j0.917$$

$$B_6 = 0.244 + j1.354$$

$$C_6 = 1.662 + j0.438$$

І тепер знаходимо загальний опір Z :

$$U_1 = A \cdot U_2 + B \cdot I_2 \quad 3.9$$

$$I_1 = C \cdot U_2 + D \cdot I_2 \quad 3.10$$

З рівняння Z дорівнює:

$$Z = \frac{U_1}{I_1} = \frac{A \cdot U_2 + B \cdot I_2}{C \cdot U_2 + D \cdot I_2} = \frac{A \cdot Z_H + B}{C \cdot Z_H + D} \quad 3.11$$

Де, U_1 - I_1 напруга і струм на початку лінії; Z_H - опір ($Z_H = 0.001$ Ом).

Підставивши значення в формулу

$$Z_0 = \frac{(1) \cdot 0.001 + (0)}{(0) \cdot 0.001 + 1} = 0.001 \quad 3.12$$

$$Z_1 = \frac{(1.01 + j0.023) \cdot 0.001 + (0.083 + j0.183)}{(0.251 + j0.002) \cdot 0.001 + (1.01 + j0.023)} = 0.088 + j0.179$$

$$Z_2 = 0.185 + j0.342$$

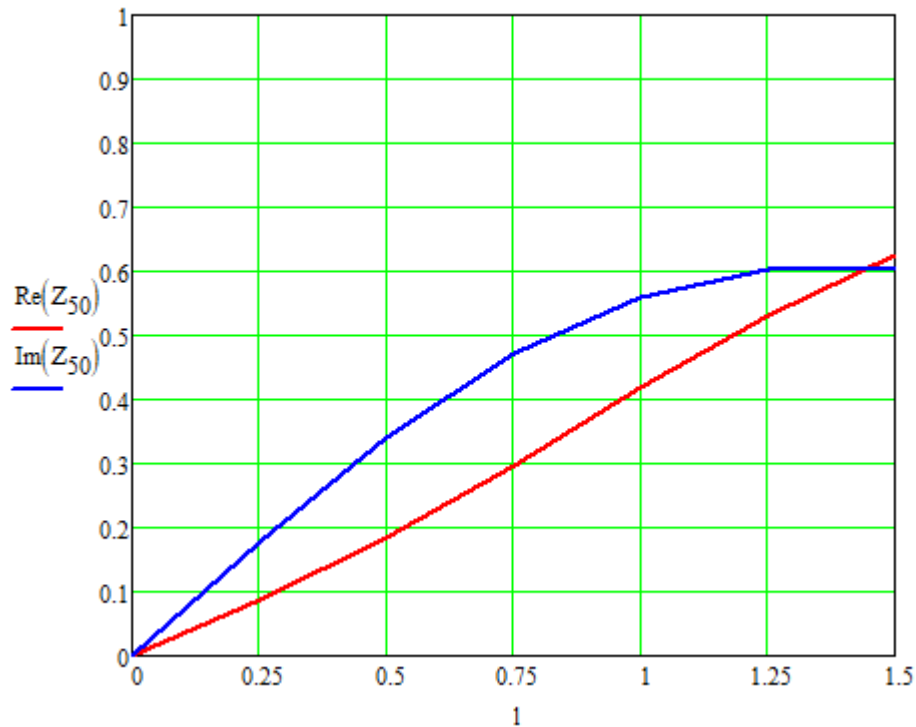
$$Z_3 = 0.297 + j0.473$$

$$Z_4 = 0.418 + j0.561$$

$$Z_5 = 0.531 + j0.603$$

$$Z_6 = 0.624 + j0.608$$

Побудуємо графік для $Z(l)$



Наступне розрахуємо опір рейкової тональної рейкової лінії 780 Гц.

Довжину ділянки наближення приймемо рівну $L_{yn} = 0.3$ км.

Для рейкової лінії тональної частоти 780 Гц $Z_{рл} = 7.9 \angle 81^\circ$ Ом / км.

Знайдемо значення $Z_{рл}$ в комплексному вигляді $Z_{рл} = 7.9$.

Підставивши значення в формули

$$Z_c = \sqrt{(1.236 + j7.803) \cdot 1} = 2.137 + j1.825(\quad)$$

3.13

$$\gamma = \sqrt{\frac{1.236 + j7.803}{1}} = 2.137 + j1.825(\quad)$$

3.14

Далі знаходимо коефіцієнти чотириполіусника для кожного відрізка

$l_i = 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$ км за формулами:

$$A_0 = D_0 = ch((2.137 + j1.825) \cdot 0) = 1$$

$$B_0 = (2.137 + j1.825) \cdot ch((2.137 + j1.825) \cdot 0) = 0$$

$$C_0 = \frac{ch((2.137+j1.825) \cdot 0)}{2.137+j1.825} = 0$$

$$A_1 = D_1 = ch((2.137 + j1.825) \cdot 0.05) = 1.002 + j0.01$$

$$B_1 = (2.137 + j1.825) \cdot ch((2.137 + j1.825) \cdot 0.05) = 0.061 +$$

$$j0.391$$

$$C_1 = \frac{ch((2.137+j1.825) \cdot 0.05)}{2.137+j1.825} = 0.05 + j0$$

$$A_2 = D_2 = 1.006 + j0.039$$

$$B_2 = 0.114 + j0.783$$

$$C_2 = 0.1 + j0.001$$

$$A_3 = D_3 = 1.013 + j0.088$$

$$B_3 = 0.152 + j0.181$$

$$C_3 = 0.151 + j0.004$$

$$A_4 = D_4 = 1.021 + j0.157$$

$$B_4 = 0.167 + j1.585$$

$$C_4 = 0.201 + j0.01$$

$$A_5 = D_5 = 1.029 + j0.247$$

$$B_5 = 0.153 + j1.997$$

$$C_5 = 0.253 + j0.02$$

$$A_6 = D_6 = 1.035 + j0.357$$

$$B_6 = 0.099 + j2.419$$

$$C_6 = 0.304 + j0.035$$

$$Z = \frac{U_1}{I_1} = \frac{A \cdot U_2 + B \cdot I_2}{C \cdot U_2 + D \cdot I_2} = \frac{A \cdot Z_H + B}{C \cdot Z_H + D} \quad 3.15$$

Підставивши значення в формулу

$$Z_0 = \frac{(1) \cdot 0.001 + (0)}{(0) \cdot 0.001 + (1)} = 0.001$$

$$Z_1 = \frac{(1.002 + j0.01) \cdot 0.001 + (0.061 + j0.391)}{(0.05 + j0) \cdot 0.001 + (1.002 + j0.01)} = 0.065 + j0.389$$

$$Z_2 = 0.144 + j0.773$$

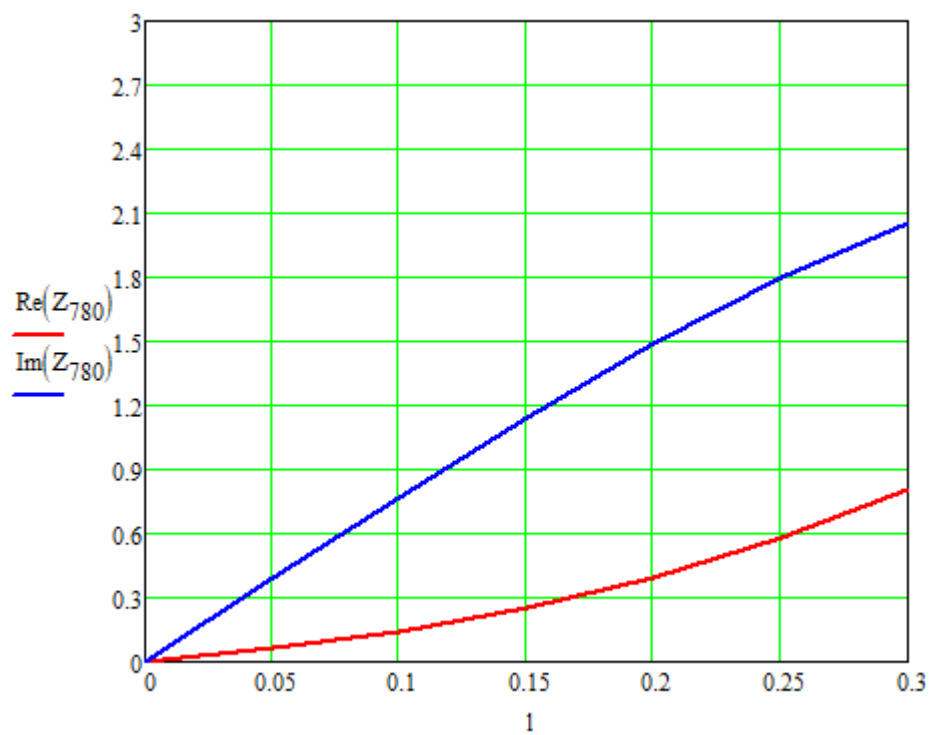
$$Z_3 = 0.251 + j1.144$$

$$Z_4 = 0.395 + j1.492$$

$$Z_5 = 0.581 + j1.802$$

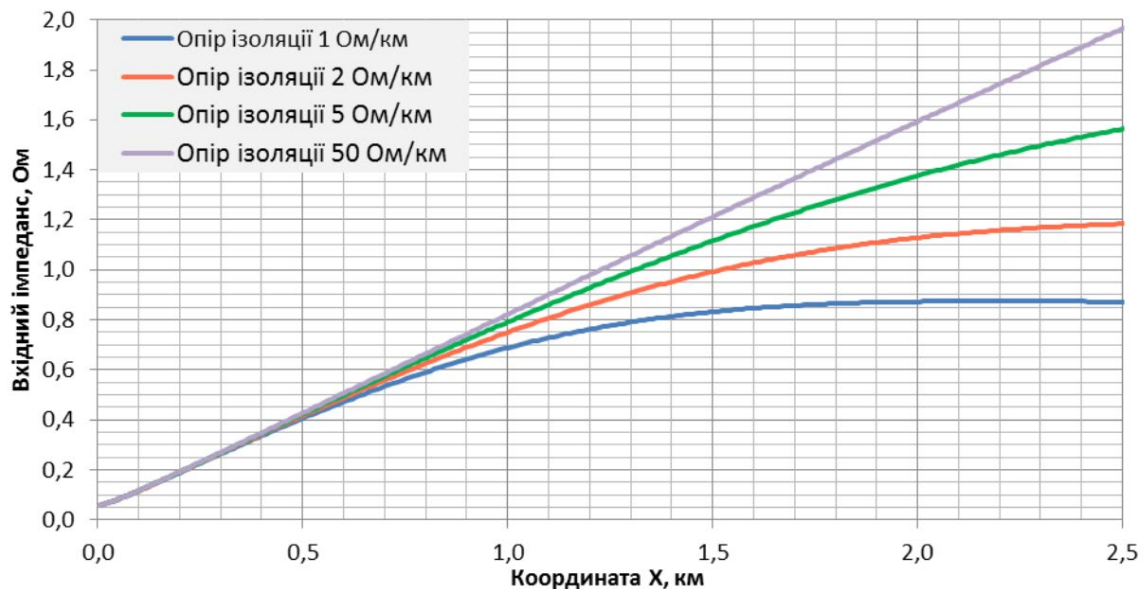
$$Z_6 = 0.807 + j2.057$$

Побудуємо графік для $Z(l)$



3.5. Вплив опору ізоляції баласту рейкової лінії на її імпеданс

Залежність вхідного імпедансу кодового рейкового кола змінного струму частотою 50 Гц із довжиною 2,5 км від координати накладання шунта при значеннях опору ізоляції 1, 2, 5 та 50 Ом/км наведена на (Мал. 3.6)



Мал. 3.6 – Залежність координати накладання шунта при опорах ізоляції рейкової лінії 1, 2, 5 та 50 Ом/км від вхідного імпедансу рейкової лінії.

Виходячи із (Мал. 3.6) можна стверджувати, що при опорі ізоляції 1 Ом/км на координатах накладання більше 1,5 км вхідний імпеданс змінюється у незначних межах, тому для таких довгих рейкових кіл (на координатах $>1,5$ км) достовірне значення координати накладання шунта визначити неможливо. Однак для тональних рейкових кіл накладання, які використовуються на ділянках наближення до залізничних переїздів (< 1 км) похибка буде до 3%. Незначною буде похибка і для діляниць, на яких використовуються тональні рейкові кола чи системи АБТЦ

ВИСНОВКИ

- 1 Проведено аналіз стану безпеки на залізничних переїздах та можливі шляхи підвищення безпеки. Аналіз стану аварійності на залізничних переїздах у США, країн Європи та Росії свідчить про те, що дана проблема актуальна не тільки для залізничних переїздів на території України.
- 2 Необґрунтовано завищений час очікування автотранспортом проходження поїзду, яке може становити 12 і більше хвилин, є провокуючим фактором для водіїв автотранспортних засобів на проїзд на забороняючий сигнал АПС. Це пов'язано з тим, що фактична швидкість руху різних поїздів може сильно відрізнятися, в той час як включення АПС відбувається при вступі поїзда на ділянку наближення з фіксованою довжиною, яка розраховується на максимальну швидкість руху поїзда.
- 3 Розвиток нових комп'ютерно-інтегрованих технологій на залізничному транспорті дозволяє підвищити безпеку на переїздах шляхом використання додаткових систем контролю.
- 4 Удосконалено метод визначення відстані від переїзду до поїзда на ділянці наближення та здійснено моделювання змін електричних параметрів рейкового кола для різних режимів його роботи в залежності від опору ізоляції баласту.
- 5 Для рейкових кіл із довжиною до 1 км та довільним значенням опору ізоляції баласту їх вхідний імпеданс із максимальною похибкою 3,5 % визначає координату першої колісної пари залізничної рухомої одиниці.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила технічної експлуатації залізниць України затверджену наказом Укрзалізниці від 19.03.2002 року № 179
2. Гаттаулин С. Т. Экономическая оценка и пути снижения потерь на железнодорожных переездах: 2009. – 19 с.
3. Тарадин Н. А. Методы оценки безопасности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики: 2010. – 14 с.
4. Ганичев А. И. Обеспечение безопасности движения на нерегулируемых железнодорожных переездах в системе "машинист-локомотив-окружающая среда" : 2001. – 10 с.
5. Бойнік А. Б. Теоретичні основи ефективної експлуатації систем керування загороджувальними пристроями : 2003. – 41 с.
6. За 9 місяців 2014 року на залізничних переїздах та коліях зменшилася кількість ДТП [Електрон. ресурс] / Прес-центр Укрзалізниці – К., 2014. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/390506/
7. Андрєєва Л. Як зупинити сумний рахунок / Андрєєва Л. // Магістраль – 2014 – №10 (1896), 12-18 лютого. – С. 4.
8. ЦП-0174 Інструкція з улаштування та експлуатації залізничних переїздів : офіц. текст : [Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.01.2007 №54]. – К. : Мін-во Юстиції України, 2007. – 167 с.

9. Норми проектування залізнично-автодорожнього покриття в планах модернізації залізничних переїздів [Електрон. ресурс] / Tines railway – 2013. – Режим доступу: <http://www.tines.com.ua/uk/novyny/769-норми-проектування-залізнично-автодорожньогопокриття-в-планах-модернізації-залізничних-переїздів.html>
10. Анализ мероприятий направленных на решение проблемы безопасности на железнодорожных переездах [Электронный ресурс] /Молодой ученый, 15.04.2015. Режим доступа: <http://www.moluch.ru/archive/76/12897/>. – Название с экрана.
11. Варбанец Н. Г. Повышение безопасности движения в местах пересечения железнодорожного и автомобильного транспортных потоков / Н. Г. Варбанец // ІКСЗТ – 2009. – №3. – С. 30-31.
12. Розробка стратегії підвищення швидкості руху поїздів до 160-200 км/год на ділянці Київ – Зернове міжнародного транспортного коридору з оптимальним використанням капіталовкладень. Номер держреєстрації 0102U005868. Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2004. – 86 с.
13. Котляренко Н.Ф., Шишляков А.В., Соболев Ю.В. Путевая блокировка и авторегулировка. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
14. Станционные системы автоматики и телемеханики. /В.Л. Сапожников, Б.Н. Елкин и др -М.: Транспорт, 2000.- 432 с.
15. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики / Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута и др./ – М.: Транспорт, 1996. – 400 с.

16. Казаков А.А. и др. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы.- М.: Транспорт, 1980.
17. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Системы интервального регулирования движения поездов. М.: Транспорт, 1986.
18. Шлагбаум автоматический переездный АШ-06 : Руководство по эксплуатации 22006.00.000РЭ. – Дніпропетровськ : ООО Светофоры, – 2000. – 16 с.
19. <https://rsrub.ru/uk/navesy/princip-raboty-pereezdnyh-svetoforov-bez-shlagbaumov-rabota.html> - Принцип роботи переїзних світлофорів без шлагбаумів. Робота автоматичної переїзної сигналізації в установленому непарному напрямку руху
20. <https://interistroy.ru/uk/repair-floor/reguliruemyi-pereezd-nereguliruemyi-zheleznodorozhnyi-pereezd/> - Регульований переїзд. Нерегульований залізничний переїзд. Проїзд нерегульованих залізничних переїздів
21. https://uk.wikipedia.org/wiki/Залізничний_переїзд - Залізничний переїзд -
22. Розробка автоматичної системи управління залізничним переїздом - <https://ukrbukva.net/print:page,1,58189-Razrabotka-avtomaticheskoiy-sistemy-upravleniya-zheleznodorozhnym-pereezdom.html>
23. ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ АВАРІЙНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ - <http://docplayer.net/54217738-Shlyahi-znizhennya-avariynosti-na-zaliznichnih-pereyizdah.html>
24. ecsrt.diit.edu.ua/article/download/51379/pdf_57

25. Ізоляція шляхів на станції - <http://um.co.ua/3/3-10/3-102004.html>

26. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЮ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ
У СИСТЕМАХ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ

http://ndch.diit.edu.ua/upload/%D0%97%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D1%8B/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D1%8F%D0%BA/!_Autoreferat_Voznyak.pdf