

**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** Підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю  
автотранспорту в межах переїзду.

**Theme** Improving the safety of level crossings by controlling vehicles within its  
boundaries.

Керівник дипломної роботи професор \_\_\_\_\_

Гаврилюк В.І.

Студент групи АТ1926

Барзіков А.С.

Student АТ1926

Barzikov A.S.

**Дніпро  
2020**

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»  
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність  
Спеціалізація

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
Автоматика та автоматизація на транспорті

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Барзіков А.С.

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю автотранспорту в межах переїзду

Затверджена наказом по університету № 798ст від « 18 » жовтня 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи галузеві нормативні документи з проектування та обслуговування тональних рейкових кіл

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Розділ 1	25	
2. Розділ 2	50	
3. Розділ 3	75	
4. Розділ 4	100	
5.		
6.		
7.		

Студент  
Науковий керівник

## Реферат

**Відомості про об'єм пояснювальної записки:** 82 сторінки,  
5 таблиць, 18 малюнок, 29 джерел літератури.

**Ключові слова:** залізничні переїзди, безпека на переїздах, датчики контролю автотранспорту, режими роботи рейкових кіл, залізнична автоматика.

**Об'єкт проектування:** Підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю автотранспорту в межах 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 привласнюються 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.

## ВСТУП

В комплексі технічних засобів залізничного транспорту важливе місце займають пристрої автоматики та телемеханіки, які служать для організації та забезпечення безпеки руху поїздів.

Невід'ємною частиною перегону є переїзди, які обладнуються автоматичною переїзною сигналізацією (АПС) та здійснює регулювання роботи переїзду. Але система АПС має суттєві недоліки, а саме несвоєчасне закриття та відкриття переїзду, що викликає непотрібну затримку та накопичення автотранспорту. Це може призвести до створення небезпечної ситуації для руху поїздів.

Ці фактори вимагають необхідність розробки та введення виробництва нових систем АПС, які спроможні забезпечити нормальне функціонування переїздів та проїзд автотранспорту без зайвої затримки. Однак, при порівняно невеликих і середніх розмірах руху заміна залізничних переїздів перетинами у різних рівнях у багатьох випадках не може бути економічно обґрунтованою і реалізованою. Таким чином, переїзди на довготривалу перспективу залишаються важливими спорудами залізниць.

У зв'язку з цим особливого значення набуває виконання вимог безпеки руху на переїздах. Ці вимоги здійснюються системами автоматичної переїзної сигналізації, нерозривно пов'язаної з пристроями колійного блокування на перегонах і відповідними технічними засобами на станціях [1].

Системи переїзної сигналізації та пов'язані з нею різноманітні загороджувальні пристрої призначені для огороження небезпечного місця на колії, забезпечити безпеку руху поїздів. При цьому, зазначені вимоги повинні виконуватись як при виникненні аварійної ситуації, так і при умовах, передбачених технологією тимчасового закриття руху [2]. Необхідність в розробці засобів автоматичного контролю зони переїзду є актуальною задачею яка дозволить підвищити надійність залізничного транспорту в цілому.

# 1. СТАТИСТИКА ДОРОЖНЬО ТРАНСПОРТНИХ ІНЦИДЕНТІВ В ЗОНІ ПЕРЕЇЗДУ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АПС

## 1.1 Аналіз статистичних даних щодо безпеки на залізничних переїздах

Значне та неухильне зростання кількості транспортних засобів на мережі доріг, підвищення їх вантажопідйомності, швидкісних показників сприяє значному збільшенню інтенсивності руху на залізничних переїздах, що спричиняє збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод [3]. Це, у свою чергу, висуває нові вимоги до облаштування місць перетину автомобільних доріг та залізничних колій, їх утримання, застосування додаткових заходів щодо підвищення безпеки руху, застосування профілактичних заходів щодо зміцнення дорожньої дисципліни водіїв.

Перетини залізничних шляхів і автомобільних доріг на одному рівні є складними і небезпечними елементами дорожньої мережі, які істотно впливають на ефективність експлуатації і безпеку автомобільного і залізничного транспорту в цілому [4].

Згідно статистичних даних у табл. 1.1 наведено динаміку зміни кількості транспортних засобів на автодорогах України, переїздів на залізницях України та розраховано транспортне навантаження (кількість транспортних засобів на один переїзд). Для зручності оцінки та аналізу дані табл. 1.1 наведені у виді графіків рис. 1.1. Статистика наведена за п'ять років з 2007 по 2011, на даний час тенденції які відображені в наведених статистичних даних практично не змінилися.

Таблиця 1.1 – Динаміка зміни транспортного навантаження на залізничні переїзди

Кількісний параметр	Роки				
	2007	2008	2009	2010	2011
Автотранспортні засоби, тис. од.	7215,0	7771,4	7866,0	8127,5	8561,1
Залізничні переїзди, од.	5816	5742	5735	5661	5574
Транспортне навантаження	1240,54	1353,43	1371,58	1435,70	1535,90

Проаналізувавши дані табл. 1.1 та рис. 1.1 можна зробити висновок, що за п'ять років кількість транспортних засобів збільшилася на 1346,1 тис. од. (18,66%) та кількість залізничних переїздів скоротилася на 155 од. (2,67%), що спричинило

зростання транспортного навантаження на один переїзд на 271,75 автомобілів, що становить 21,91%. Високі темпи автомобілізації (більше 1,3 млн. в рік) і поява швидкісних поїздів створюють додаткові труднощі для забезпечення безпеки руху через переїзди. До цього слід додати, що вулично-дорожня мережа країни не відповідає фактичній інтенсивності транспортних потоків. Основні магістралі переобтяжені в 2-3 рази.

У свою чергу кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на залізничних переїздах завжди була високою. У табл. 1.2 наведено кількість дорожньо-транспортних пригод та їх наслідки за шість років.

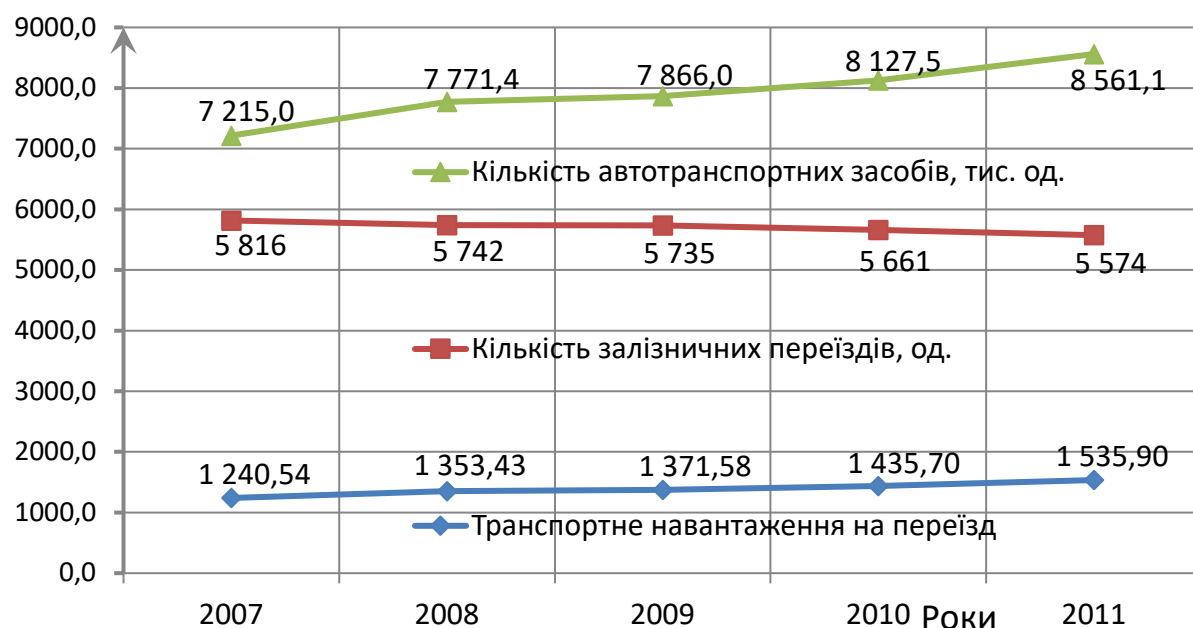


Рис. 1.1 – Динаміка змін кількості транспортних засобів, переїздів та транспортного навантаження

Таблиця 1.2 – Стан аварійності на залізничних переїздах УЗ

Параметр	Роки					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ТЗ збито поїздом	91	65	75	85	57	67
ТЗ в'їхав вбік поїзду	10	15	14	9	10	6
Всього ДТП	101	80	89	94	67	73
Загинуло осіб	73	14	12	23	9	12
Травмовано осіб	46	22	38	27	34	32
Всього постраждалих	119	36	50	50	43	44

Реальний стан у сфері забезпечення безпеки руху на переїздах постійно вимагає нових підходів та рішень, адже статистика показує, що на залізничних переїздах відбувається біля 4,5% від загальної кількості ДТП на мережі автодоріг,

однак їх наслідки значно важчі (як людські, так і матеріальні втрати). Як видно із таблиці 1.2, у середньому, на залізничних переїздах, з летальним наслідком кожна четверта ДТП (на мережі автодоріг 1 загиблий на 30 ДТП).

У табл. 1.3 наведено розподіл ДТП за типами залізничних переїздів і за її даними побудовано діаграму розподілу ДТП за типами переїздів за шість років (рис. 1.2), а загальна кількість переїздів та розрахунок кількості аварій на 100 залізничних переїздів (коефіцієнту аварій) наведена у табл. 1.4.

Таблиця 1.3 – Розподіл ДТП за типами переїздів

Тип переїзду	Рік						за 6 років
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Без чергового із сигналізацією	67	42	62	62	37	36	306
Без чергового без сигналізації	9	8	9	12	11	9	58
З черговим та із сигналізацією	17	16	8	10	7	14	72
З черговим без сигналізації	1	0	0	0	0	1	2
Поза переїздами	7	14	10	10	12	13	66
Всього ДТП	101	80	89	94	67	73	504

Розподіл ДТП за переїздами

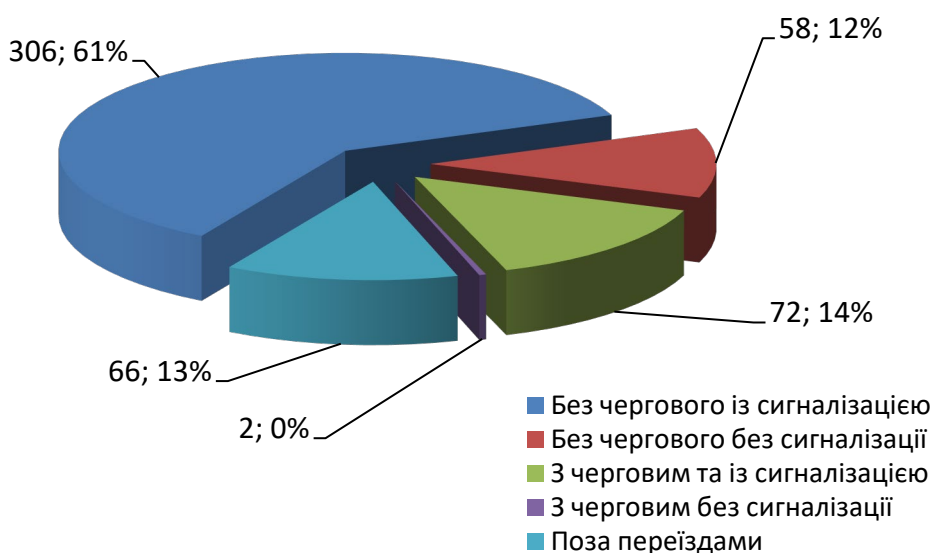


Рис. 1.2 – Розподіл ДТП за типами переїздів

Із даних, наведених у таблицях 1.2, 1.3 та на рис. 1.2 можна зробити висновок, що найбільша кількість ДТП (понад 60%) здійснюється на залізничних переїздах без чергового працівника, які обладнані сигналізацією. Це свідчить про

те, що залізничні переїзди, особливо, без чергового працівника, які обладнані сигналізацією потребують додаткових засобів контролю перетину залізничного переїзду автодорожнім транспортом.

Таблиця 1.4 – Кількість аварій на 100 залізничних переїздів

Тип переїзду	2010			2011			2012			2013		
	переїздів	ДТП	коєф	переїздів	ДТП	коєф	переїздів	ДТП	коєф	переїздів	ДТП	коєф
Без чергового з сигналізацією	2827	67	2,37	2781	42	1,51	2755	62	2,25	2699	62	2,30
Без чергового без сигналізації	1383	9	0,65	1352	8	0,59	1279	9	0,70	1226	12	0,98
З черговим з сигналізацією	1415	17	1,20	1410	16	1,13	1412	8	0,57	1468	10	0,68
З черговим без сигналізації	36	1	2,78	31	0	0,00	31	0	0,00	29	0	0,00
Всього	5661	101	1,78	5574	80	1,44	5477	89	1,62	5432	94	1,73

Також слід враховувати що аварії в зоні переїздів через велику масу поїзда завжди призводять до практично повного знищення автомобільного транспорту а також значних збитків для залізничного транспорту, що ми можемо бачити на рис. 1.3 та рис 1.4.



Рис. 1.3 – Аварія на переїзді Південної залізниці



Рис. 1.4 – Аварія на переїзді Південно-Західної залізниці

Проблема залізничних переїздів є актуальною не лише для України, але і для більшості промислово розвинених країн. Ці об'єкти залізничної інфраструктури характеризуються непродуктивними простоями автотранспорту і дорожньо-транспортними подіями (ДТП), у тому числі з особливо тяжкими наслідками. Подібні події разом зі значними матеріальними втратами викликають і великий громадський резонанс.

Найбільше випадків ДТП трапляється на залізничних переїздах, розміщених на головних та станційних коліях залізниць України (4496 переїздів), де постійно здійснюється рух поїздів з встановленою швидкістю. Наслідки таких зіткнень передбачити неможливо і при певному збігу обставин зіткнення призводять до загибелі людей, пошкодження транспортних засобів, рухомого складу та інфраструктури залізниць.

Серед основних заходів з безпеки руху на залізничних переїздах, на які спрямувала зусилля Укрзалізниця - скорочення кількості малодіяльних залізничних переїздів без охорони, капітальні ремонти комплексів перетину

залізничної колії, облаштування їх автоматичною світлофорною сигналізацією та додатковими шлагбаумами, які перекривають всю ширину проїзної частини дороги.

На залізницях України експлуатується 5388 залізничних переїздів, з яких обладнаних автоматичною переїзною сигналізацією – 4156. Переїздів з черговим працівником – 1494, з яких додатково обладнані автоматикою 1463 залізничних переїзди. Всього без чергового працівника експлуатується 3894 залізничні переїзди. 411 переїздів із найбільш інтенсивним рухом автотранспорту обладнані додатковими шлагбаумами які перекривають всю ширину проїзної частини автомобільної дороги.

З проведеного аналізу дорожньо-транспортних пригод видно, що переважна їх більшість відбувається на переїздах з автоматичною переїзною сигналізацією внаслідок не дисциплінованості водіїв автотранспортних засобів, що виїжджають на переїзд після включення світлових забороняючи сигналів. Причиною цього в більшості випадків є необґрунтовано завищений час очікування автотранспорту на переїздах, який у деяких випадках може бути 10 хвилин і більше. Системи переїзної автоматики мають жорсткий направлений в одному напрямку алгоритм роботи, що обумовлює включення переїзної сигналізації після вступу поїзду на дільницю наближення. Довжина дільниці наближення і час сповіщення розраховують на рух поїзду з максимальною швидкістю (140 км/год) [5]. Поправка часу сповіщення на фактичну швидкість поїзду не враховується, що обумовлено вимогами безпеки. Тому у випадку руху поїзду з малою швидкістю виникає значний час очікування автотранспорту на переїзді.

## **1.2 Категорії переїздів на залізницях України**

Залізничні переїзди в залежності від інтенсивності руху поїздів та транспортних засобів поділяються на чотири категорії [5].

До I категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 16 поїздів/добу й автомобільних доріг з інтенсивністю більше 7000 авт./добу (у розрахунках інтенсивності руху через переїзд поїздів та транспортних засобів береться сумарна кількість їх за добу в обох напрямках руху);

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 3000 авт./добу;

залізничних колій з рухом поїздів із швидкістю більше 120 км/год незалежно від інтенсивності руху транспортних засобів.

До II категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій і автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17-100 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001-7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1001-3000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201-1000 авт./добу.

До III категорії належать переїзди, які розташовані на перехрещеннях:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001-7000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3001-7000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17-100 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1001-3000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 101-200 поїздів/добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201-1000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїздів/добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху до 200 авт./добу.

До IV категорії належать усі інші переїзди. Переїзди на перехрещенні залізничних колій з автомобільними дорогами загального користування або вулицями в населених пунктах належать до переїздів загального користування. Порядок їх обслуговування і утримання встановлюється власником залізничної колії та за його рахунок. Переїзди на перехрещеннях залізничних колій, що

належать залізницям, з автомобільними дорогами (під'їздами) окремих підприємств або організацій є переїздами не загального користування.

Перехрещення залізничних колій на території підприємств (промислові підприємства, склади, депо, елеватори і ін.) і станцій з дорогами, призначеними для забезпечення технологічного процесу робіт даного підприємства, належать до технологічних проїздів і обліку як залізничні переїзди не підлягають.

Переїзди поділяються на регульовані та ті, що не регулюються.

До регульованих належать переїзди, які обладнані пристроями переїзної сигналізації або такі, що обслуговуються черговим працівником та обладнані шлагбаумами.

Регульовані переїзди, що обладнані пристроями переїзної сигналізації з автоматичними шлагбаумами, обслуговуються черговим працівником або на них встановлюють систему відеонагляду.

До нерегульованих належать переїзди, які не обладнані пристроями переїзної сигналізації і не обслуговуються черговим працівником. Можливість безпечного проїзду (проходу) через такі переїзди визначається водієм транспортного засобу (пішоходом).

Залізничні переїзди за погодженням з Державтоінспекцією можуть обладнуватися додатковими технічними засобами, які підвищують рівень безпеки руху або унеможливають виїзд автотранспорту на переїзд у разі спрацьовування переїзної сигналізації.

При розробленні схем розвитку транспортних зв'язків залізниць України повинні одночасно вирішуватися питання заміни існуючих перехрещень з автомобільними дорогами в одному рівні шляхопроводами.

Перевірка інтенсивності руху поїздів та транспортних засобів, умов роботи на кожному переїзді і перегляд їх категорій повинні проводитися власником переїзду за фактичної потреби, але не рідше одного разу на рік.

Для установлення категорій переїздів інтенсивність руху поїздів визначається з виконаного графіка руху в період найбільшої інтенсивності на ділянці, а інтенсивність руху транспортних засобів – за даними фактичних підрахунків. Визначення інтенсивності руху автотранспортних засобів можливе також за даними дорожніх організацій. На підставі аналізу аварійності на переїздах

складається перелік переїздів, на яких планується припинення або введення обслуговування черговим працівником.

Не допускається відкриття нових залізничних переїздів загального користування:

I, II, III категорій;

на ділянках із швидкістю руху поїздів понад 120 км/год;

IV категорії при перехрещенні трьох та більше головних колій, при перехрещенні колій у виїмках та інших місцях, де не забезпечені умови видимості, а також у разі, якщо потрібне обслуговування переїзду черговим;

якщо на відстані менше 5 км є діючий переїзд, шляхопровід або проїзд під штучними спорудами.

### **1.3 Вимоги до всіх видів огорожувальних пристроїв**

Автоматична світлофорна сигналізація, у тому числі з автоматичними шлагбаумами, повинна подавати сигнал зупинки в бік автомобільної дороги за час, необхідний для завчасного звільнення переїзду транспортними засобами (не менш ніж за 30 с) до підходу поїзда до переїзду. Автоматична світлофорна сигналізація повинна продовжувати роботу, а автошлагбауми повинні знаходитися в закритому положенні до повного звільнення переїзду поїздом [6].

Для вимкнення переїзної сигналізації на переїздах, розташованих у межах станції, повинні, як правило, використовуватися рейкові кола стрілочних ізолюваних ділянок і шляхів. Щоб уникнути замикання рейкових ланцюгів при проході через переїзд тракторів, котків і інших дорожніх рухомих одиниць, верх настилу влаштовують вище рівня головок рейок на 30-40 мм. Настил переїзду повинен мати рівну поверхню без спадів і піднесень, які можуть справляти гальмівний вплив на автомобільний транспорт, знижуючи швидкість його руху і тим самим пропускну здатність автомобільної дороги.

По залізничним переїздам рухаються два різнорідних види транспортних засобів, розрізняються за швидкостями руху, маси та ефективності гальмівних пристроїв. Гальмівний шлях залізничного потягу більш ніж в 10 разів перевищує гальмівний шлях транспортних засобів, що рухаються по автомобільній дорозі.

На залізничних переїздах поїзди мають переважне право безперешкодного руху через переїзд. Світлофорна сигналізація на переїздах повинна відрізнятися від

сигналізації на міських вулицях і автомобільних дорогах для того, щоб водій не міг прийняти залізничний переїзд за звичайний перехрестя або перетин автомобільних доріг. Тому на залізничних переїздах застосовується особлива автоматична світлофорна сигналізація з двома миготливими червоними вогнями.

У нормальному положенні вогні переїзного світлофора вимкнені, вони включаються в разі наближення поїзда до переїзду. Миготливі червоні вогні переїзного світлофора забороняють водіям в'їзд на переїзд і є сигналами особливої небезпеки.

#### 1.4 Основи управління переїзною сигналізацією

В залежності від місця розташування переїзду (перегін, горловина станції, станційних приймально-відправні колії) і можливостей подачі сповіщення на переїзд мають місце автоматичний і напівавтоматичний способи керування сигналізацією, а також передбачається управління черговим по переїзду.

*Автоматичний спосіб* застосовується в основному на переїздах, розташованих на перегонах. У цьому разі сигналізація включається і вимикається автоматично в результаті заняття поїздом ділянки наближення, розташованого перед переїздом.

На одноколійних ділянках залізниць (рис. 1.5, а) ділянки наближення до переїзду розташовуються з обох боків переїзду. Це дає можливість включити сигналізацію у разі наближення поїзда до переїзду в установленому й невстановленому напрямках. Такий спосіб включення сигналізації називається двостороннім.

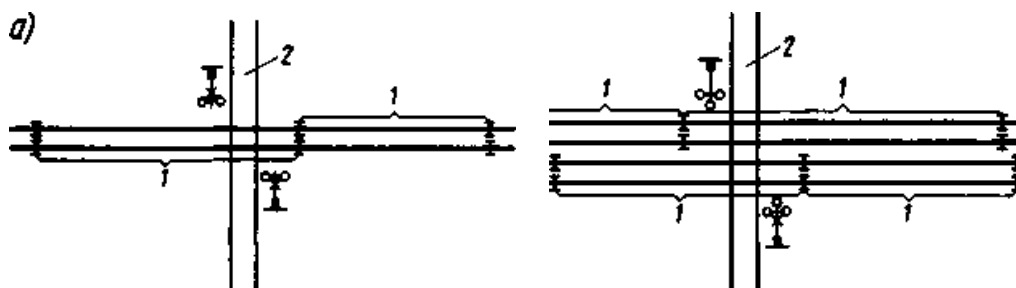


Рис. 1.5. – Схема переїзду на одноколійній (а) та двоколійній (б) ділянках залізниць: 1 — ділянка наближення; 2 — автомобільна дорога

На переїздах, розташованих на двоколійних і багатокілійних ділянках залізниць (крім переїздів з біло-місячним миготливим вогнем), ділянки наближення, як правило, розташовані тільки перед переїздом в напрямку руху по

правильному шляху. Такий спосіб включення автоматичної світлофорної сигналізації називається одностороннім. У цьому випадку переїзна сигналізація може автоматично вмикатися і вимикатися лише при русі поїздів по правильному шляху. Тому при відправленні поїзда по неправильній колії на двоколійних і багатоколійних ділянках залізниць чергові по станції (диспетчери) повинні вжити заходи, щодо інформування чергових по переїзду та видачі попереджень машиністам поїздів.

На двоколійних ділянках (рис. 1.5, б) при обладнанні переїздів місячно-білим вогнем обов'язково передбачається включення сигналізації у разі руху поїздів і по неправильному шляху, тобто переїзди мають автоматичний двосторонній спосіб включення сигналізації.

Напівавтоматичний спосіб керування сигналізацією застосовують на охоронюваних переїздах, розташованих у стрілочних горловинах станцій і на ділянках віддалення від них. На таких переїздах повідомлення про заняття поїздом ділянки наближення перед поїздом з боку перегону і включення сигналізації здійснюються автоматично.

З боку станції при наявності повної маршрутизації пересувань подачу сповіщення на переїзд та включення червоних вогнів на світлофорах і шлагбаумах здійснюються одночасно з відкриттям сигналу і замиканням маршруту, а у випадках руху при закритих сигналах — натисненням кнопки черговим по станції *Закриття* на пульті управління.

У цьому випадку сигналізацію (перевід шлагбаумів у відкритий стан та вимкнення після цього червоних вогнів на переїзних світлофорах) вимикає черговий по переїзду натисненням кнопок *Відкриття* та *Підтримання* бруса шлагбаума на щитку управління шлагбаумами.

Крім автоматичного і напівавтоматичного управління сигналізацією і шлагбаумами, на всіх переїздах, що охороняються передбачається управління чергового по переїзду. Для цього на щитках керування автоматичних, напівавтоматичних і електричних шлагбаумів є відповідні кнопки, користуючись якими, черговий по переїзду має можливість (навіть при відсутності поїздів на підходах) включати переїздний сигналізацію і переводити шлагбауми в закритий стан, а також вимикати сигналізацію і переводити шлагбауми у відкритий стан.

## 1.5 Обладнання і робота переїзду з ГРК накладення

В даний час на залізницях України вводяться в експлуатацію тональні рейкові кола для сповіщення переїздів, які пов'язуються з перегінними рейковими колами [7].

Розрахункові довжини ділянок наближення забезпечують сповіщення на закриття переїзду з автоматичною переїзною сигналізацією, в тому числі й зі шлагбаумами за час необхідний для завчасного звільнення переїзду дорожнім транспортом довжиною 24м при мінімальній швидкості руху 8 км/год при додатковому часі 2с на спрацювання апаратури й 10с гарантованого часу.

Допускається збільшення довжини ділянки наближення з підключенням кінця тонального рейкового кола біля стика сигнальної або розрізної установки до 150м [8].

При розробці проектів довжини ділянок наближення повинні прийматися, виходячи з максимальної швидкості руху, встановленій на даній ділянці, але не більше 140 км/год.

Величина ємності конденсаторів, що приєднуються до обмотки реле ВМ, визначається при регулюванні пристроїв на переїзді для конкретного екземпляра реле ВМ і конденсаторного блоку, так щоб час затримки складав 13 – 15с.

Сповіщення на переїзд подається при наближенні поїзду, що прямує в будь-якому напрямку, незалежно від спеціалізації колії і напрямку дії колійного блокування.

На одноколійних і двохколійних ділянках при русі поїзду як по правильній, так і по неправильній колії переїзд відчиняється після проїзду поїзду за переїзд для встановленого напрямку руху.

При русі поїзду в невстановленому напрямку руху переїзд відчиняється після проходження поїздом переїзду і ділянки наближення зустрічного напрямку.

Для подачі сповіщення на переїзд і контролю проходження поїзду через переїзд використовуються рейкові кола тональної частоти, що накладаються на кодові рейкові кола (тональні рейкові кола накладення).

Для роботи рейкових кіл накладення використовуються амплітудно-модульовані сигнали з несучими частотами 420, 480, 580, 720, 780 Гц і з частотами модуляції 8 або 12 Гц.

Рейкові кола з однаковими сигнальними частотами і частотами модуляції можуть повторюватися при відстані від живлячого кінця одного рейкового кола до приймального кінця іншого 1750м і при умові, що довжина рейкового кола, що має вплив не більше 750м ця відстань збільшується до 2000м.

*Апаратура тональних рейкових кіл накладення:*

- 1) колійний генератор, тип ГП, в корпусі НШ; живлення генератора по змінному струму 34,2 В, допустимі напруги від 30,8 до 37,6 В;
- 2) фільтр живлячого кінця тип ФПМ, в корпусі НШ;
- 3) колійний приймач тип ПП, в корпусі ДСШ;
- 4) блок випрямлячів спряження БВС4, в корпусі НМШ;

Живлення приймача по змінному струму 17,5 В з допустимими відхиленнями від 15,7 до 18,4 В.

Тональні рейкові кола не потребують установки ізолюючих стиків та, як правило, при нормативному баласті і довжині кодового рейкового кола до 2000м видаляють ізолюючі стики на переїзді [9].

### **1.6 Переїзди з відео наглядом та загороджувальними пристроями**

На залізницях України використовуються переїзні системи автоматики з додатковим відео наглядом. Система відео нагляду складається з наступних блоків:

На чотирьох опорах з обох боків колії розміщені відеокамери, які в режимі реального часу здійснюють відео зйомку. Камери підключені до приладів, що розміщуються в релейній шафі, яка знаходиться на переїзді, до цих приладів відносяться:

- блоки живлення;
- цифровий відео реєстратор;
- модем;

Інша частина обладнання розміщена на станції в приміщенні чергового по станції до такого обладнання відносяться:

- модем;
- блоки живлення;
- комутатор;
- персональний комп'ютер;

Дані з відеокамер потрапляють на цифровий відео реєстратор в якому фіксуються і пересилаються на модем, модем по лінії зв'язку передає дану інформацію в режимі теперішнього часу, на станції дані, що приходять з лінії опрацьовуються і виводяться на екран персонального комп'ютера.

Також на залізницях почали впроваджувати переїзні установки з додатковим захистом у вигляді плит, які підіймаються з проїзної частини автодороги [10]. Фото таких установок приведено на слайді, з якого також видно що повного захисту такі установки не дають.

### **1.7 Постановка задачі**

**Актуальність роботи.** На Залізниці для забезпечення належного рівня безпеки руху на 1 тис. 494 залізничних переїздах працюють чергові працівники, 411 переїздів обладнано чотирма шлагбаумами, введено в постійну експлуатацію сім нових загороджувальних бар'єрних установок, передбачено їх подальше впровадження, на перетинах 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 року"), затверджена Галузева програма забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах на 2011—2015 рр.

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.

Причиною наявності автотранспортного засобу на переїзді під час наближення поїзду до переїзду може бути як не дисциплінованість водіїв, що порушують правила дорожнього руху, так і поламака транспортних засобів, що виїхали на переїзд.

Можливим способом зменшити людські і матеріальні втрати може бути тільки своєчасне виявлення автотранспорту на переїзді і передача машиністу попереджувальної інформації.

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

Таким чином, підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю автотранспорту в межах переїзду є актуальною задачею.

**Метою роботи** є розробка методів та засобів підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю автотранспорту в межах переїзду.

**Завданням роботи** є:

- проведення аналізу роботи існуючих систем переїзної сигналізації на охороняємих та не охороняємих переїздах;
- проведення аналізу датчиків для виявлення автотранспорту на переїзді та вибір датчика контролю автотранспорту;
- розробка способу контролю автотранспорту в зоні переїзду в автоматичному режимі.

**Об'єкт дослідження** – процес роботи автоматичної переїзної сигналізації на залізничному транспорті України.

**Предмет дослідження** – методи та засоби підвищення безпеки залізничних переїздів шляхом контролю автотранспорту в межах переїзду.

Для вирішення поставлених задач застосовані статистичні дані транспортних подій на переїздах України та проведений аналіз систем контролю автотранспорту.

### **1.8 Висновок до першого розділу**

У першому розділі було проведено аналіз статистичних даних роботи залізничних переїздів за певний період часу, на основі чого було зроблено висновок що аварійність в зоні переїзду не зважаючи на покращення систем автоматичної переїзної сигналізації (тональні рейкові кола на переїзді, бар'єрні огорожувальні пристрої і т.д.) не зменшується. Причиною цього є підвищення кількості автотранспорту який проїжджає через переїзд та нехтування водіями правил дорожнього руху. Це викликає необхідність розробки засобів контролю вільності переїзду від автотранспорту при наближенні поїзда.

## **2. ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ПЕРЕЇЗНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ НА ДАНИЙ ЧАС**

### **2.1 Вибір пристроїв автоматичної переїзної сигналізації для конкретних умов експлуатації**

Усе обладнання переїздів повинно відповідати Правилам дорожнього руху та Правилам технічної експлуатації залізниць України.

Переїзди повинні розташовуватися на прямих ділянках колії та автомобільних доріг за межами виїмок та місць, де не забезпечуються достатні умови видимості. Переїзд який обладнується в даному проекті розташований в умовах достатньої видимості.

Перехрещення залізничних колій з автомобільними дорогами повинно виконуватися переважно під прямим кутом. При неможливості виконання цієї умови гострий кут між коліями та автомобільною дорогою має бути не менше 60 град. Діючі переїзди, розташовані під більш гострим кутом, повинні перевлаштуватися одночасно з реконструкцією автомобільної дороги чи вулиці. Даний переїзд розташований на перетині залізниці і автодороги під прямим кутом [11].

Забороняється влаштування переїздів через станційні колії, де здійснюється організоване приймання та відправлення або безперервний рух поїздів. Такі переїзди необхідно закривати або переносити на перегін.

Автомобільна дорога у поздовжньому профілі протягом не менше 10 м від крайньої рейки по обидва боки від переїзду повинна мати горизонтальну площадку. Поздовжній ухил підходів автомобільної дороги до переїзду протягом не менше 20 м перед горизонтальною площадкою повинен бути не більше 30 проміле. Автомобільна дорога на даному переїзді розміщена на прямій ділянці без ухилу в обидва боки від переїзду.

У складних умовах (гірські райони, вулиці та ін.) профіль автомобільної дороги на підходах до переїзду може бути індивідуальним, узгодженим із Державтоінспекцією та шляхово-експлуатаційними організаціями або іншими власниками доріг.

На переїздах, що розташовані на головних коліях, повинна бути забезпечена водіям транспортних засобів на відстані 50 м від крайньої рейки видимість поїзда, що наближається з будь-якого боку за 400 м від переїзду.

Для поїздів задовільною є видимість, за умовами якої машиніст поїзда, що наближається, міг бачити середину переїзду на відстані 1000 м.

При незадовільних умовах видимості для водіїв транспортних засобів або машиністів поїздів перед переїздами без чергового працівника встановлюються додаткові сигнальні та відповідні дорожні знаки. У разі відсутності капітальних будівель у зоні переїзду видимість повинна бути відновлена в термін, що не перевищує 10 діб з часу виявлення.

Проїзна частина переїзду складається з настилу та під'їздів. Ширина проїзної частини переїзду відповідає ширині проїзної частини автомобільної дороги, і не може бути менше 6 м.

Настил переїзду може бути залізобетонної, дерев'яної, гумово-кордової та іншої конструкції, що визначається узгодженим в установленому порядку проектом. Колії під настилем можуть укладатися як на дерев'яних, так і залізобетонних шпалах. Із зовнішнього боку колії настил влаштовується на одному рівні з верхом головки рейки, у середині колії він повинен бути не вище 40 мм від головки рейки. Для заданого переїзду настил вибрано гумово-кордової конструкції на дерев'яних шпалах. У середині колії переїзний настил захищений відбійними брусами.

Настили з гумово-кордового покриття улаштовують на одному рівні з головками рейок, при цьому проїзд гусеничних транспортних засобів через переїзд без вжиття заходів щодо попередження порушення роботи рейкових кіл не допускається.

Переїзні настили дерев'яної конструкції повинні замінюватись під час капітального ремонту переїздів на залізобетонні, гумово-кордові або інші. На переїздах I та II категорій перевагу необхідно віддавати більш прогресивним типам настилу.

Для забезпечення безперешкодного проходження реборди коліс рухомого складу залізничного транспорту в межах настилу вкладаються контррейки, спеціальні бруси або інші пристосування, при цьому ширина жолоба повинна бути в межах 75-110 мм, глибина - не менше 45 мм. На даному переїзді використовуються контррейки.

На відстані не менше ніж 2,5 м від крайньої рейки на узбіччі автодороги розташовуються сигнальні огорожування (стовпчики) висотою 0,75-0,8 м, їх відстань від брівки земляного полотна та від краю проїзної частини повинна становити відповідно не менше 0,35 м і не менше 0,75 м, а відстань між осями стовпчиків - 1,5 м.

Кількість стовпчиків, перил чи іншої огорожі залежить від висоти насипу і визначається проектом.

У місцях систематичного масового прогону худоби на переїздах устанавлюються перила або елементи огорожування із залізобетону, дерева або металу заввишки 0,8-1,2 м, а до механізованих шлагбаумів підвішуються загороджувальні сітки. На даному переїзді прогін худоби не проводиться і дані елементи захисту не встановлюються.

Переїзди з інтенсивністю пішохідного руху більше 100 чол/год, а також переїзди, що розташовані у населених пунктах, повинні обладнуватися пішохідними доріжками, тротуарами та звуковою сигналізацією, яка вмикається при подачі сповіщення про наближення до переїзду поїзда, а вимикається при відсутності даного сповіщення. Порядок дій чергового по переїзду у випадках несправностей дзвінків на переїзді повинен бути зазначений в Інструкції з технічного обслуговування переїзду. На проектуємому переїзді пішохідний рух не значний і відповідні вище перелічені засоби не проектуються.

На підходах до переїздів з боку залізничної колії повинні бути встановлені постійні попереджувальні сигнальні знаки "С" про подавання машиністами поїздів свистка, а з боку автомобільної дороги на переїздах без чергового - дорожні знаки "Одноколійна залізниця" або "Багатоколійна залізниця" та інші, передбачені Правилами дорожнього руху. Так як даний переїзд не охороняється то встановлюється знак "Багатоколійна залізниця" для автомобілів та сигнальні знаки "С" для машиністів.

Сигнальні знаки "С" встановлюються з правого боку відповідно до напрямку руху поїздів на відстані 500-1500 м, а на переїздах, де рухаються поїзди із швидкістю понад 120 км/год, - на відстані 800-1500 м від переїздів. В нашому випадку знаки встановлені на відстані 800 м від переїзду.

Перед переїздами без чергового з незадовільними умовами видимості, крім того, повинні встановлюватися додаткові сигнальні знаки "С" на відстані 250 м від переїзду (на перегонах, де рухаються поїзди зі швидкістю понад 120 км/год, - на відстані - 400 м).

При незадовільній видимості поїздів, що наближаються, перед нерегульованими переїздами з боку автомобільної дороги встановлюється дорожній знак "Проїзд без зупинки заборонено", у інших випадках встановлення цього знака не допускається. Необхідність установлення знака визначається представниками Державтоінспекції, дорожньої організації та дистанції колії або власником переїзду, а його установлення здійснює власник залізничної колії. Так як на заданому переїзді видимість задовільна, додаткові знаки не встановлюються.

На електрифікованих ділянках з обох боків переїзду повинні бути встановлені дорожні знаки 3.18 "Рух транспортних засобів, висота яких перевищує ... м, заборонено" з цифрою на знаку "4,5 м" на відстані не менше 5 м до шлагбаумів, а при їх відсутності - не менше 14 м від крайньої рейки. Знаки встановлюються власником залізничної колії. В нашому випадку на відстані 15 м від крайньої рейки встановлено знак "4,5 м".

На підходах до переїздів з боку автомобільних доріг відповідно до Правил дорожнього руху на відстані 150-300 м, а в населених пунктах - на відстані 50-100 м від крайньої рейки встановлюються дорожні знаки 1.27, 1.28, 1.29, 1.30 "Залізничний переїзд із шлагбаумом", "Залізничний переїзд без шлагбаума". В нашому випадку на відстані 250 метрів від переїзду встановлюємо знак "Залізничний переїзд без шлагбаума".

Щоб забезпечити своєчасне відкриття переїзду після звільнення його поїздом, біля переїзду встановлюються додаткові ізолюючі стики, що обмежують довжину РЦ ділянок наближення. Існуючі РЦ без додаткових ізолюючих стиків можуть бути використані для виключення, якщо їх ізолюючі стики знаходяться на одноколійних ділянках на відстані не більше 40 м від переїзду; на двоколійних ділянках - не більше 40 м перед переїздом і 150 м за переїздом. Ділянки наближення у переїздів можуть обладнуватися РЦ накладеннями. Довжина L РЦ ділянки наближення перед переїздом визначається розрахунком виходячи з часу

повідомлення, необхідного для завчасного звільнення переїзду автотранспортом, і максимальної допустимої швидкості руху поїздів на ділянці.

## 2.2 Вибір конструкції переїзних світлофорів

При обладнанні переїзду автоматичною світлофорною сигналізацією на узбіччі дороги з правої сторони по руху транспортних засобів встановлюють переїзні світлофори (рис. 2.1). На переїзному світлофорі встановлені дві сигнальні головки з мигаючими червоними сигнальними лампами [12].

Червоні вогні світлофорів спрямовані в бік автомобільної дороги; коли вони не горять, це вказує на можливу відсутність на підходах до переїзду поїздів і не забороняють автогужевому транспорту проїхати через переїзд, дотримуючись правил дорожнього руху. У момент наближення поїзда до переїзду на переїзному світлофорі червоні вогні починають миготливо світитись, що для водіїв транспортних засобів означає сигнал "Стій! Рух через переїзд заборонено". Одночасно з горінням миготливих червоних вогнів світлофорів дзвонять електричні дзвінки, які встановлені на щоглах переїзних світлофорів. Після проходження поїзда через переїзд вогні світлофорів гаснуть, а дзвінки вимикаються. Рух транспортних засобів по переїзду можливий при відсутності миготливих червоних сигналів на світлофорі, однак від водіїв транспортних засобів потрібна особлива пильність. Вони повинні до в'їзду на переїзд візуально переконатися у відсутності наближення до переїзду поїздів. У зв'язку з цим потрібна хороша видимість залізничних колій в обидва боки від переїзду. Видимість вважається задовільною, якщо з транспортного засобу, що знаходиться на відстані 50 м від залізничної колії, що наближається з будь-якого боку поїзд видно не менш ніж за 400 м, а машиністові переїзд видно на відстані не менш 1000 м.

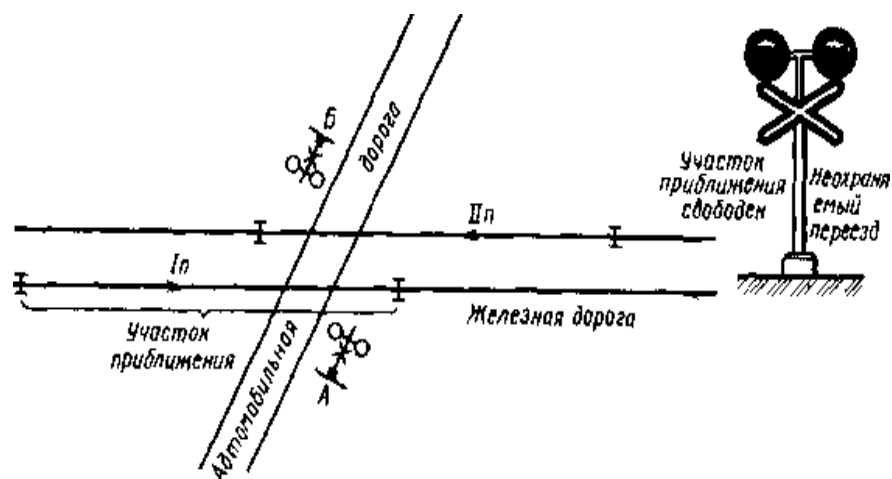


Рис. 2.1 – Схема переїзду з автоматичною світлофорною сигналізацією

Пристрої автоматичної світлофорної сигналізації призначені для забезпечення безпеки руху через переїзд поїздів і транспортних засобів, тому до пристроїв електропостачання, апаратури, світлофорів, і системи в цілому пред'являються підвищені вимоги, що гарантують їх надійну роботу. Наприклад, на переїзному світлофорі встановлені дві сигнальні головки, що сигналізують червоним поперемінно миготливим вогнем. Таке рішення прийнято для збереження "живучості" сигналізації, тобто при пошкодженні (перегоранні) лампи на одній з головок друга сигнальна миготлива головка буде захищати переїзд. Крім названих пристроїв, на переїзні світлофори встановлюються акустичні датчики (дзвінки), що включаються під час заняття поїздом ділянки наближення для залучення уваги пішоходів і водіїв транспортних засобів до наявності поїзда на підході до переїзду.

Схеми включення пристроїв автоматичної світлофорної сигналізації складають так, щоб максимально виконувалася вимога по переключенню сигналізації в огорожувальні положення при різноманітних пошкодженнях. Наприклад, при пошкодженнях електричних рейкових кіл, кіл сповіщення та ін. на переїзні світлофори повинні бути встановлені червоні вогні.

Система автоматичної світлофорної сигналізації працює в черговому самоконтролюючому режимі і завжди готова до включення в робочий режим при занятті поїздом ділянки наближення перед переїздом, яка складається з одного або декількох електричних рейкових кіл. Число цих рейкових кіл визначається розрахунком у залежності від максимальної швидкості руху поїздів на ділянці, довжини переїзду, довжини і швидкості руху транспортних засобів, що рухаються через переїзд.

Автоматична світлофорна сигналізація з двома сигнальними головками, що має два стани (червоні сигнальні вогні, які горять або не горять), не дозволяє інформувати водіїв транспортних засобів про несправний стан сигналізації. На переїзному світлофорі червоні вогні можуть бути виключені із-за відсутності поїздів на ділянках наближення до переїзду або свідчать про несправність сигналізації. Тому на більш відповідальних переїздах(які не охороняються) з великими розмірами руху поїздів та автотранспортних засобів для посилення безпеки їх прямування застосовується автоматична світлофорна сигналізація з

додатковою третьою сигнальною голівкою з місячно-білим миготливим вогнем. При цьому світлофори з додатковим місячно-білим вогнем на переїздах з автоматичною світлофорною сигналізацією подають наступні сигнали: два червоні миготливі вогні чи один червоний вогонь, немигаючий, забороняють водіям транспортних засобів виїжджати на переїзд; місячно-білий миготливий вогонь (червоні вогні вимкнені) — переїзд не охороняється, пристрої переїзної сигналізації включені в дію і перебувають у справному стані. Водій транспортного засобу перед перетином переїзду повинен переконатися у відсутності на підходах до нього поїздів (дрезин); червоні та місячно-білі фари вимкнені — переїзна сигналізація вимкнена або пошкоджена; водій транспортного засобу повинен до проходження через переїзд переконатися у відсутності поїздів (дрезин) на підходах до нього та у можливості безпечного проїзду.



Рис 2.2 – Світлофор з місячно-білим вогнем

До автоматичної світлофорної сигналізації з місячно-білим миготливим вогнем пред'являються підвищені вимоги по надійності її роботи [13].

1. Включення червоних вогнів і вимкнення місячно-білого вогню обов'язково повинно передбачатися на двоколієних і багатокілієних ділянках при русі поїздів з правильного і неправильного шляхів (у встановленому і невстановленому напрямках).

2. При обладнанні переїздів місячно-білим миготливим вогнем інформація про стан сигналізації обов'язково повинна передаватися на пульт найближчій до переїзду

станції, а при диспетчерській централізації — на пульт диспетчера управління. При цьому може передаватися інформація як про передаварійний стан (горить біла пампа на пультах), так і про аварійний стан, при якому на пультах включаються миготливі червона і жовта лампи. Черговий по станції і поїзний диспетчер, одержавши повідомлення про пошкодження на переїзді, повинен зробити запис у журналі ДУ-46 про несправність автоматики на переїзді, а при аварійному стані передати повідомлення машиністу поїзда, що прямує у напрямку переїзду, про несправність автоматики на ньому і про необхідність проходження його зі швидкістю не більше 25 км/ч. Про пошкодження пристроїв автоматики ДСП необхідно негайно повідомити електромеханіку СЦБ і черговому по сусідній станції і до його усунення видавати попередження на всі поїзди в заданому напрямку.

3. Для усунення неправильної роботи і несвоєчасного виключення сигналізації при накладанні на рейкові кола штучних шунтів передбачено послідовне з тимчасової захистом спрацьовування реле схеми підрахунку, яка контролює заняття поїздом ділянки наближення, вступ на переїзд і його прослідування. Схема підрахунку працює лише при русі поїзда по правильному шляху або в установленому напрямку.

Для даного переїзду з метою підвищення надійності його роботи вибираємо світлофор з додатковим місячно-білим вогнем.

### **2.3 Вибір автоматичних огорожуючих пристроїв на переїзді**

Для огороження переїздів з використанням авто шлагбаумів є своя специфіка обладнання.

З боку автомобільної дороги переїзд захищається переїзними світлофорами й автошлагбаумами із брусом довжиною 8 м (з огляду на ширину переїзду рівну 11 м) [14].

При організації руху поїздів у неправильному напрямку на перегоні під час робіт із закриттям однієї з колій перегону повідомлення на переїзд передається як при правильному напрямку руху, але переїзна сигналізація автоматично не включається й переїзд закриває черговий по переїзду із щитка керування. Після проходження поїзда переїзд відкривається автоматично.

Пристрої і устаткування переїздів

Залізничні переїзди повинні мати (рис. 2.3):

- типовий залізобетонний або дерев'яний настил;
- під'їзди;
- шлагбауми, що перекривають повністю або частково проїжджу частину дороги, з сигнальними ліхтарями на загороджувальних брусах;
- габаритні ворота (на електрифікованих лініях) шириною не менше ширини переїзду, а висотою не більше 4,5 м, щоб попередити можливість обриву або короткого замикання контактного проводу громіздкими вантажами;
- попереджувальні знаки «Бережись поїзда» з боку автомобільної дороги, що встановлюються в 20 м від найближчої рейки, і сигнальні знаки «С» (свисток) зі боку підходу поїздів. Ширину залізничного переїзду приймають рівною ширині проїзної частини дороги, але не менше 6 м, що допускає одночасний двосторонній рух. У вигляді виключення надалі до перебудови можуть бути збережені переїзди з проїзною частиною не менш 4,5 м, але пропуск сільськогосподарських машин з таких переїздів не допускається.

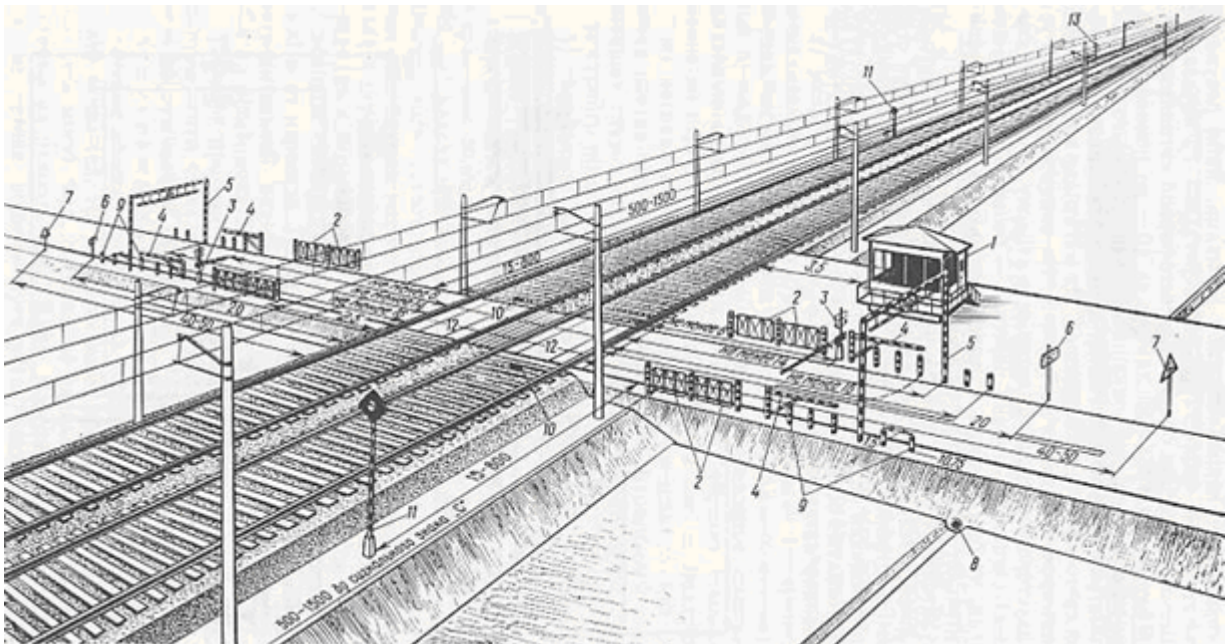


Рис. 2.3 – Загальний вид охороняемого залізничного переїзду: 1 – переїздий пост; 2 – перила (огорожі); 3 – автоматичний шлагбаум; 4 – запасні шлагбауми (ручні); 5 – габаритні ворота; 6 – попереджувальний знак «Бережись поїзда»; 7 – дорожній знак «Залізничний переїзд із шлагбаумом»; 8 – водопропускна труба; 9 – стовпчики; 10 – трубки для встановлення переносних червоних сигналів; 11 – загороджувальний світлофор; 12 – залізобетонні плити настилу; 13 – сигнальний знак «С»

Під'їзди до переїзду захищаються стовпчиками, встановлюються на узбіччі автомобільної дороги. Стовпчики в залежності від місцевих умов встановлюють на протязі не менше 16 м, а при висоті насипу під'їздів більше 1 м – на всьому протязі такий насипу через кожні 1,5 м. Між залізничним шляхом і шлагбаумами влаштовують перила. Якщо по переїздах часто проганяється худоба, то при необхідності перильні огорожі замінюються огорожами, а до шлагбаума підвішують загороджувальні сітки. Уздовж колійних рейок для вільного проходу гребенів коліс рухомого складу влаштовують жолоби шириною 75-95 мм та глибиною не менше 45 мм; у кривих радіусом менше 600 м ширину жолоба збільшують до 110 мм. Щоб гусениці трактора або металеві полози саней не замикали електричних рейкових кіл, верх настилу між колійними рейками влаштовують на 30-40 мм вище головок рейок. З кожної сторони переїзду автомобільна дорога повинна мати горизонтальні майданчики не менше 15 м від крайньої рейки при розташуванні переїзду у виїмці (рис. 2.4, а) і не менше 15 м – на насипу (рис. 2.4, б). Підходи до майданчиків не повинні бути крутіші 0,05 і повинні мати асфальтоване, бетонне або кам'яне покриття.

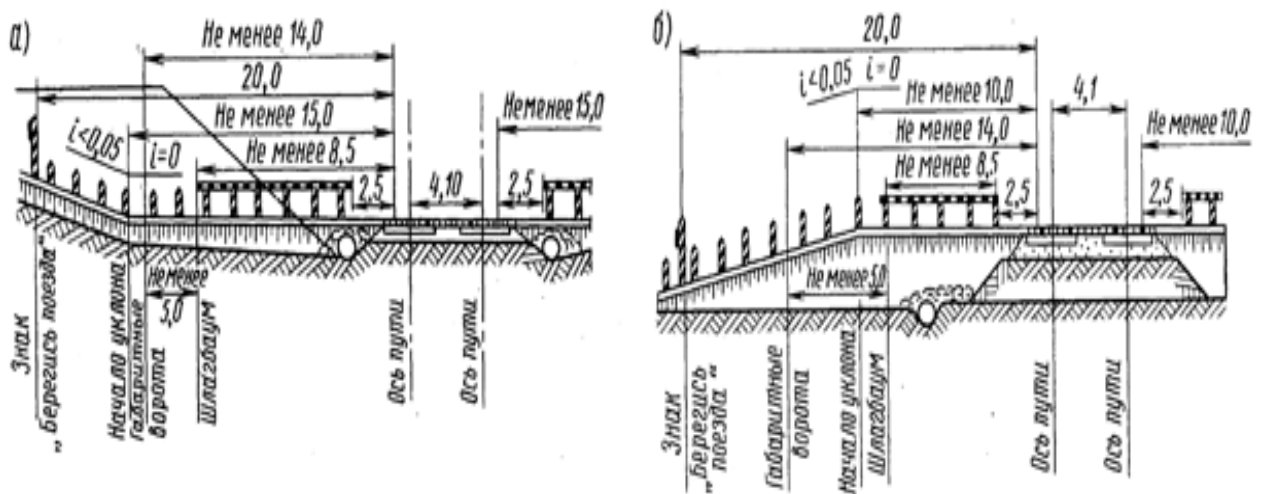


Рис. 2.4 – Поздовжній профіль залізничного переїзду: а – у виїмці; б – на насипу.

Шлагбауми встановлюють з обох боків переїзду на відстані не ближче 8,5 м від крайньої рейки. Висота в закритому положенні шлагбаума 1,25 м. При двосторонньому русі по переїзді, шлагбаум повинен перекривати з правого боку за рухом автотранспорту до 2/3 ширини проїжджої частини, а з лівої сторони може залишатися не перекрита частина дороги шириною не більше 3 м. По осі проїзної частини дороги на протязі не менше 20 м від шлагбаумів у бік дороги наносять білою фарбою «осьові лінії» шириною не менше 0,1 м. Ліхтарі на

загороджувальних брусах шлагбаумів при їх закритому положенні показують у бік автогужової дороги червоний вогонь, а при відкритому – білий. Шлагбауми бувають автоматичної дії і ручного управління. При наближенні поїзда на переїздах з автоматичними шлагбаумами і автоматичною світлофорною сигналізацією починає діяти звуковий сигнал, загоряються червоні миготливі вогні на шлагбаумах і світлофорах, що огорожують переїзд з боку підходу автомобільного транспорту, і через деякий час, достатній для віддалення автомобілів від переїзду, шлагбауми автоматично закриваються. Автоматичну сповіщувальну сигналізацію застосовують і при шлагбаумах ручного управління. При наближенні поїзда вона подає звукові та світлові сигнали. Час початку подачі сигналів розраховано так, щоб переїзд можна було звільнити до підходу поїзда. Світлофори автоматичної сигналізації встановлюють на узбіччі автомобільної дороги з правого боку не ближче 6 м від крайньої рейки. Світлофорним або звуковим сповіщувачем з автоматичною сигналізацією повинні бути обладнані всі переїзди I та II категорій і в залежності від інтенсивності і швидкості руху поїздів і автомобільного транспорту та умов видимості – і переїзди III та IV категорій. Важливе значення має обладнання залізничних переїздів загороджувальними світлофорами (рис. 2.5), які встановлюють з правої сторони залізничної колії на відстані не менше 15 м і не більше 800 м від переїзду. Червоний вогонь на них включають натисканням кнопки у разі, якщо на переїзді виникла перешкода для руху поїздів. Як загороджувальні можуть бути використані вхідні, вихідні, прохідні та маршрутні світлофори, розташовані на тому ж відстані від переїзду, якщо забезпечена видимість переїзду з місця їх установки.

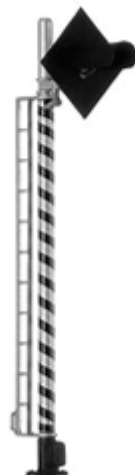


Рис. 2.5 – Загороджувальний світлофор

Механізований шлагбаум приводиться в дію черговим по переїзду. Нормальним положенням автоматичних шлагбаумів є відкрите; вони закриваються лише на час проходу кожного поїзда, а неавтоматичних – закриті. Ці шлагбауми відкриваються тільки тоді, коли необхідно і можливо пропустити через переїзд автомобільний транспорт, сільськогосподарські машини або худоба. В окремих випадках на переїздах з великим автомобільним рухом може бути встановлено нормальне відкрите положення неавтоматических шлагбаумів. Все охороняємі переїзди повинні мати прямий телефонний зв'язок з найближчою станцією або постом (на ділянках з диспетчерською централізацією - з черговим поїзним диспетчером) або радіозв'язок. Електричне освітлення повинні мати всі переїзди I і II категорій, а також і інші, якщо вони розташовані поблизу постійних джерел енергопостачання. Черговий по переїзду також забезпечує безпечний та безперервний рух поїздів та транспортних засобів на переїзді. Організує та регулює відповідно до встановленого порядку рух через переїзд великовантажних, тихохідних, особливо важких та довгомірних транспортних одиниць, машин і механізмів, прогін худоби. Забезпечує контроль за справною роботою переїзної або загороджувальної сигналізації та автоматизації, автоматичних шлагбаумів або електрошлагбаумів, пристроїв для закривання та відкривання шлагбаумів, прожекторних установок, електроосвітлення, радіо- та телефонного зв'язку. Виправляє несправності у роботі обладнання переїзду, які можуть бути усунені силами чергового (або чергових) по переїзду. Організує безпечний рух поїздів і транспортних засобів у разі несправного стану автоматичної сигналізації, приладів керування автоматичними шлагбаумами під час порушення енергопостачання при аварійному стані і проведенні робіт з технічного обслуговування та регулювання пристроїв автоматики та сигналізації. Огороджує переїзд і подає встановлені сигнали. Наглядає за станом поїздів, що проходять, вживає заходів для зупинки поїзда у випадках виявлення несправностей у рухомому складі та порушень у навантаженні вантажів, що загрожують безпеці руху. Забезпечує, утримує пристрої переїзду, залізничної колії і всю площу переїзду та під'їздів до нього у межах шлагбауму в справності та чистоті.

Рух через залізничний переїзд громіздких транспортних засобів, сільськогосподарських, дорожніх, будівельних, тихохідних і інших машин і

механізмів, провезення особливо важких вантажів (велике заводське обладнання, потужні трансформатори, мостові ферми і так далі) допускаються в кожному окремому випадку лише з дозволу відповідних осіб і під наглядом дорожнього майстра або бригадира колії, а на електрифікованих ділянках при висоті вантажу, що перевозиться понад 4,5 м і в присутності представника дистанції контактної мережі.

#### **2.4 Робота автоматичної переїзної сигналізації на ділянці з двопутним кодовим автоблокуванням змінного струму з двостороннім рухом поїздів**

Автоматична переїзна сигналізація розроблена для двоколійних ділянок з двостороннім рухом при електричній тязі постійного і змінного струмі. Передача інформації про стан переїзної установки на станцію виконується пристроями диспетчерського контролю [15].

Вмикання і вимикання переїзних пристроїв здійснюється за допомогою рейкових кіл кодового автоблокування. В межах блок-ділянки, де знаходиться переїзд, робиться розрізне рейкове коло з точкою розрізу біля переїзду. У точці розрізу передбачається трансляція кодів при русі поїзда як в правильному, так і в неправильному напрямку руху по даному шляху перегону.

Кодове рейкове коло характерне тим, що його релейний кінець завжди поєднується з вхідним кінцем блок-ділянки і тому на переїзді немає колійного реле, яке фіксувало б звільнення переїзду. Це призвело до необхідності проводити кодування з релейного кінця в хвіст поїзду. На сигнальній установці перед переїздом, з моменту проходження поїзда, здійснюється автоматичне перемикавання релейного кінця, що живить і починає подачу коду КЖ у хвіст поїзду. З моменту звільнення переїзду код КЖ сприймається релейною апаратурою і переїзд відкривається.

Для сповіщення про наближення поїзда до переїзду застосоване самостійне дводротове коло.

Всі принципові і монтажні схеми типізовані і виконані у вигляді схем: рейкове коло переїзду змінного струму 50 або 25 Гц в залежності від роду електричної тяги на ділянці, управління світлофорної сигналізацією і шлагбаумами, світлофорною сигналізацією, автошлагбаумами, щитком керування

автошлагбаумами. Побудова схем здійснена з використанням штепсельних реле. Релейну апаратуру розміщують в шафах типу ШРУ.

Принципові схеми управління світлофорною сигналізацією і шлагбаумами отримують позначення в залежності від числа ділянок наближення в парному і непарному напрямку руху: П - дві ділянки наближення в обох напрямках; П<sub>ч</sub> - в парному один, в непарному два; П<sub>н</sub> - в парному два, в непарному один; П<sub>чи</sub> - в парному за один від попереднього переїзду, в непарному за два; П<sub>ни</sub> - в непарному за один від попереднього переїзду, в парному за два; П<sub>и</sub> - в парному і непарному за один від попереднього переїзду; П<sub>о</sub> - в непарному за два, в парному одиночна сигнальна установка поєднана з переїздом; П<sub>о1</sub> - в непарному за один, в парному одиночна сигнальна установка поєднана з переїздом; П<sub>ои</sub> - в непарному за один від попереднього переїзду, в парному одиночна сигнальна установка поєднана з переїздом; П<sub>с</sub> - в непарному і парному напрямках спарена сигнальна установка поєднана з переїздом.

Принципова схема світлофорної сигналізації має індекс С, автошлагбаума - Ш; щитка управління - ЩУ, рейкових кіл - РЦ50 і РЦ25.

Схема управління світлофорною сигналізацією і шлагбаумами при автоблокування змінного струму 25 Гц показана на слайді 5. Позначення, тип і призначення реле, що встановлюються на переїзді, приведені в табл. 2.1.

Стан кіл схеми відповідає встановленим правильному напрямку руху по непарній колії перегону - переїзд відкритий для руху автотранспорту. При вільній блок-ділянці 3-5 рейкове коло кодується від світлофора 3. Від кодових імпульсів на переїзді працює реле НИ, а його роботу повторює реле НТ. Колійне реле НП, включене за схемою релейно-конденсаторного дешифратора, збуджується і перевіряє вільність рейкового кола за переїздом. Через фронтний контакт реле НП вмикається його повторювач НПТ. Притягаючи якір, реле НПТ замикає коло кодування рейкового кола 5П.

Реле НТ, перемикаючи свій контакт в цьому колі, виробляє трансляцію кодових імпульсів з рейкового кола 5Па в рейкове коло 5П. У світлофора 5 в результаті прийому і дешифрування коду вмикається реле Ж і контролює вільність блок-ділянки 3-5. Шляхом включення в коло реле НТ контакту повторювача

колійного реле НПТ забезпечується включення безперервного живлення рейкового кола, якщо станеться коротке замикання ізолюючих стиків на переїзді.

Таблиця 2.1 – Призначення та назви реле в схемі переїзду з двоколіїним автоблокуванням

Позначення реле	Тип реле	Призначення реле в схемах
НИП	КМШ-750	Сповіщувач наближення за дві блок-ділянки
НВ	АНШ5-1600	Вмикаюче реле
ПНИП	НШМ2-900	Повторювач реле сповіщення наближення
НИ, НДИ	ИМВШ-110	Імпульсне і додаткове колійне реле
НИ1	НМПШ2-400	Повторювач реле НИ
НП	АНШ5-1600	Колійне реле
НДП	АНШ5-1600	Додаткове колійне реле
НКТ	АНШМТ-380	Контрольне термічне реле
НИП1	АНШМ2-380	Повторювач реле наближення
НТ, НДТ	ТШ-65В	Трансмітерне реле
НДИ1	НМПШ2-400	Повторювач реле НДИ
НПТ	НМПШ2-400	Повторювач реле НП
НДТИ	ТШ-65В	Зворотній повторювач реле НДТ

Одиночна сигнальна установка 5 перед переїздом має схему сповіщення на переїзд за дві ділянки наближення. Від вступу поїзда на другу ділянку наближення 7П у світлофора 5 виключається реле ИП та ИП1. Останнє, відпускаючи якір, змінює полярність струму в колі И1-ОИ1 для збудження реле НИП на переїзді. Перемикаючи контакт поляризованого якоря, реле НИП вмикає реле НИП1, НКТ, НВ та переїзд закривається. При повідомленні за одну ділянку встановлюється перемичка, шунтуюча контакт поляризованого якоря реле НИП, і включення переїзної сигналізації здійснюється нейтральним контактом реле НИП за одну ділянку наближення.

У колі реле НВ передбачена витримка часу на закриття переїзду, якщо фактично довжина ділянки наближення більше розрахункової.

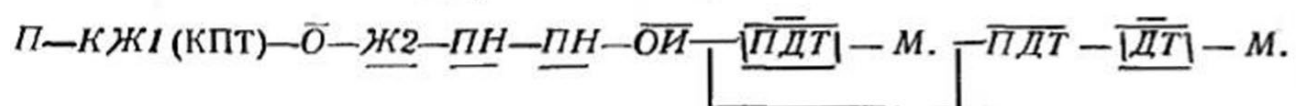
При в'їзді поїздів на першу ділянку наближення 5П у світлофора 5 вмикаються реле Ж, Ж1, Ж2. Останнє своїми контактами розмикає коло

сповіщення, від чого вимикається реле НИП на переїзді. Відпускаючи якір, реле НИП вимикає свій повторювач ПНИП, а також вдруге кола реле НИП1 і НКТ. Відпускаючи якір, реле ПНИП виконує такі перемикання: включає коло реле НИ1, що працює як повторювач реле НИ; відключає реле НП з кола перевірки імпульсної роботи реле НТ і підключає до кола релейно-конденсаторного дешифратора перевірки імпульсної роботи реле НИ1. За рахунок цього перемикання реле НП і НПТ залишаються в збудженому стані і продовжують перевіряти вільність рейкового кола 5Па.

Захист від помилкової вільності перегону при короткочасній втраті шунта під поїздом, що рухається по ділянці наближення, виконана за допомогою реле НИП1 і НКТ так само, як і в двопутному автоблокуванні постійного струму.

У кодовому автоблокуванні живлення рейкового кола завжди подається назустріч руху поїзда, а колійне реле вмикається з вхідного кінця рейкового кола. При такому розміщенні колійних приладів на переїзді немає колійного реле, яке могло б фіксувати звільнення ділянки наближення і своєчасно відкривати переїзд. Контроль звільнення ділянки наближення перед переїздом здійснюється шляхом кодування рейкових кіл ділянки наближення у хвіст поїзду.

Включення кодування у хвіст поїзду починається з моменту вступу поїзда на рейкове коло 5П.- У світлофора 5 через тилові контакти реле И і Ж1 збуджується реле ОИ, від чого замикається коло кодування:



Реле ПДТ і ДТ працюють в режимі коду КЖ і посилають у хвіст поїзду цей код. Від вступу голови поїзда на рейкове коло 5Па перестають працювати реле НИ, НИ1, НТ, вимикаються реле НП, НПТ і припиняється трансляція кодів з рейкового кола 5Па в рейкове коло 5П. Тиловими контактами реле НПТ до рейкового кола 5П підключається реле ПДИ.

Після повного звільнення переїзду поїздом реле НДИ починає працювати в режимі КЖ, що надходить від світлофора 5. Слідом за реле НДИ спрацьовує реле НДИ1, від чого через релейно-конденсаторний дешифратор збуджується реле НДП, фіксуючи звільнення переїзду. Через фронтний контакт реле НДП і тиловий контакт термоелемента спрацьовує реле НКТ, після чого вмикається

обмотка термоелемента. Після закінчення витримки часу нагріву термоелемента послідовно спрацьовують реле НИП1, НВ і переїзд відкривається.

Після повного звільнення всієї блок-ділянки на переїзді від коду КЖ починають працювати реле НИ і НИ1. Реле НИП і ПНИП залишаються вимкненими, так як коло сповіщення розімкнуте контактами реле Ж2 у світлофора 5.

При імпульсній роботі реле НИ і НИ1 через релейно-конденсаторний дешифратор збуджуються реле НП і потім реле НПТ. Тиловим контактом реле ШПТ з рейкового кола 5П відключається реле НДИ. Фронтним контактом реле НПТ вмикається коло реле НТ, яке працює як повторювач реле НИ. У рейковий коло 5П починають транслюватися коди з рейкового кола 5Па.

З обох кінців рейкового кола надходять коди КЖ, що виробляються трансмітерами різних типів. В інтервалі коду КЖ у світлофора 5 починає працювати реле И і через дешифратор збуджуються реле Ж, Ж1, Ж2. Розмикаючи тиловий контакт, реле Ж1 вимикає реле ОИ та перериває коло кодування від світлофора 5, після чого здійснюється нормальна трансляція кодів з рейкового кола 5Па в рейкове коло 5П. Фронтними контактами реле Ж2 замикається коло сповіщення, на переїзді спрацьовують реле НИП, ПНИП і все коло управління переїздною сигналізацією приходять в початковий стан.

У схемі передбачений захист від виключення короткочасного закриття переїзду. З моменту повного звільнення блок-ділянки, відновлення імпульсної роботи реле НИ, НИ1 і збудження реле НП, НПТ припиняється імпульсна робота реле НДИ, НДИ1 і вимикається реле НДП.

Необхідно, щоб контакт реле НДП в колі живлення реле НИП1 розімкнувся пізніше, ніж замкнуться контакти нейтрального і поляризованого якорів реле НИП. Для цього час на відпускання якоря реле НДП має бути більше, ніж інтервал часу між моментом спрацьовування реле НПТ і замиканням контактів реле НИП. Якщо ця умова не буде виконана, то при повному звільненні блок-ділянки переїзд знову закрийється, а потім після витримки часу термоелемента знову відкриється.

Збільшення часу уповільнення на відпускання якоря реле НДП можливою завдяки тому, що в колі конденсаторного дешифратора контакти реле НДИ1 включені так, що конденсатор ємністю 1200 мкФ отримує заряд при імпульсі коду в рейкового кола, а в інтервалі витрачає накопичену енергію на реле і конденсатор



повторювач НДТ, який спільно з трансмітерним реле НДТИ транслює коди в рейкове коло 5Па.

Під час імпульсної роботи реле НДИ і його повторювача НДИ1 через конденсаторний дешифратор збуджується реле НДП, яке замикає свій фронтний контакт в колі реле НИП1. З моменту виключення реле Ж2 у світлофора 5 його фронтними контактами вимикається реле НИП на переїзді й відпускає свій нейтральний якір. Однак коло його повторювача залишається замкнутим фронтним контактом раніше збудженим реле НДП і переїзд залишається відкритим. При виході голови поїзда на рейкове коло 5П припиняється імпульсна робота реле НДИ і послідовно вимикаються реле НДИ1, НДП, НИП1, НКТ, НВ - переїзд закривається.

З моменту звільнення рейкового кола 5Па відновлюється імпульсна робота реле НИ, НИ1 і включаються реле НП, НПТ. Реле НТ починає працювати в режимі коду КЖ і посилає сигнали в рейковий коло 5П в хвіст поїзду.

Звільнення рейкового кола 5П призводить до того, що з обох її кінців асинхронно подаються імпульси коду КЖ, що виробляються трансмітерами різних типів. В інтервалах коду КЖ, що посилаються від світлофора 5, працює реле И у цього світлофора і через 2-3 с через дешифрувальні кола включаються реле Ж, Ж1, а потім Ж2.

Тиловим контактом реле Ж1 вимикається реле ОИ. Останнє, відпускаючи якір, розмикає коло кодування. З цього моменту припиняється кодування з релейного кінця і зберігається імпульсне живлення з живильного кінця. Фронтними контактами реле Ж2 вмикається коло для збудження реле НИП на переїзді. Притягаючи якір, реле НИП включає реле НВ і переїзд відкривається.

## **2.5 Схема включення світлофорної сигналізації**

На переїздах, обладнаних автоматичною світлофорною сигналізацією, вогні переїзних світлофорів і дзвінки включають включає реле В та його повторювач ПВ. При вільній ділянці наближення реле В і ПВ збуджені, кола сигнальних ламп і дзвінків розімкнуті, миготливе реле М та контрольне КМ вимкнені. Справність ниток сигнальних ламп світлофорів контролюють вогневі реле АО та БО.

Кожне з них контролює справність двох сигнальних ламп, розміщених на різних світлофорах, в холодному стані та при горінні. Реле АО при відкритому переїзді і

справних схемах отримує живлення по високоомній обмотці по колу, що проходить через фронтіві контакти реле В і послідовно з'єднані лампи 1Л світлофора А і 2Л світлофора Б. Аналогічно включено реле БО. З часу вступу поїзда на ділянку наближення послідовно вимикаються реле НВ (ЧВ), В і ПВ. Тиловим контактом реле В включається маятниковий трансмітер МТ, в імпульсному режимі починає працювати реле М, збуджується реле КМ, реле КМК залишається у збудженому стані. Тиловими контактами реле ПВ включаються дзвінки, встановлені на щоглах переїзних світлофорів [16].

Контактами реле В у колах ламп включаються низькоомні обмотки вогневих реле замість високоомних, лампи світлофорів загоряються, забороняючи рух автотранспорту. Миготливий режим горіння ламп забезпечується переключенням контактів реле М в їх колах.

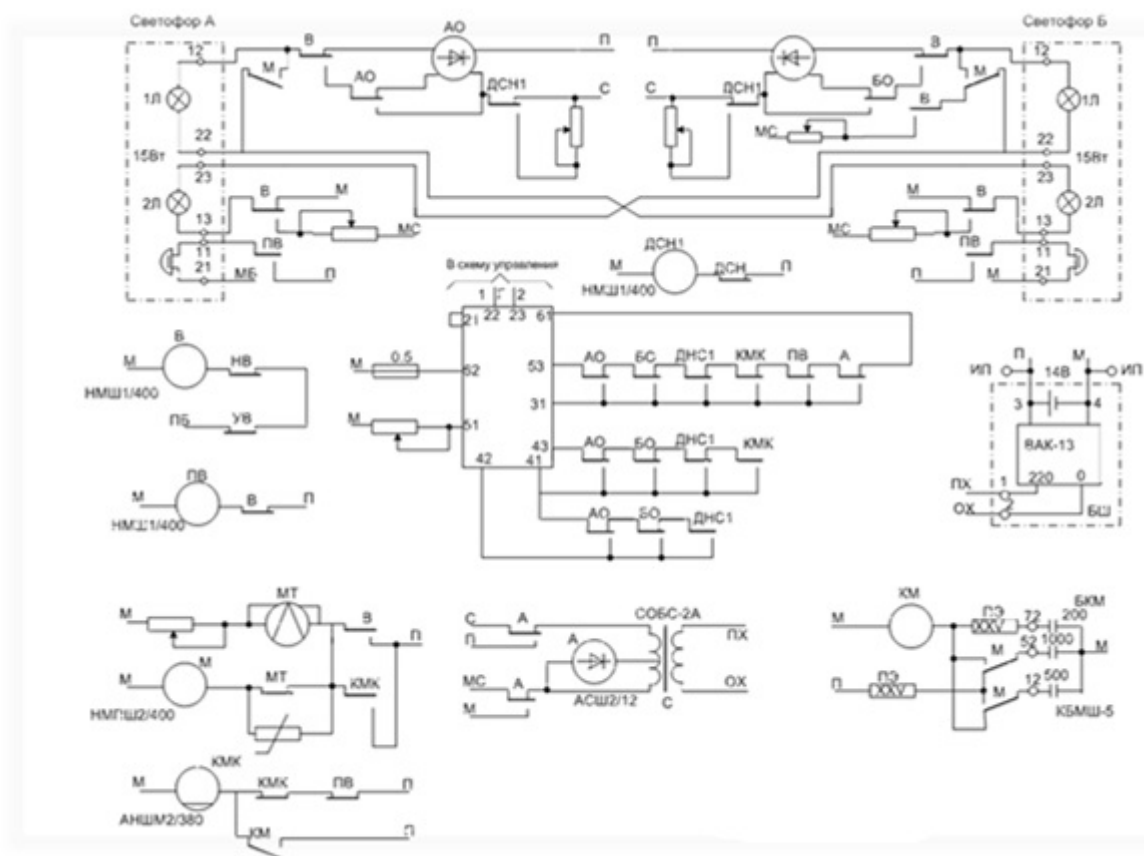


Рис. 2.6 – Схема увімкнення світлофорної сигналізації

Фронтівими контактами реле М лампи 1Л на обох світлофорах шунтуються, а лампи 2Л горять при відпуску якоря реле М, включаються лампи 1Л. Після звільнення поїздом ділянки наближення послідовно збуджуються реле НВ (ЧВ), В і ПВ. Вимикаються трансмітер МТ, реле М і КМ. У колі ламп світлофорів включаються високоомні обмотки вогневих реле АО і БО, лампи світлофорів гаснуть. Вимикаються

дзвінки, і переїзд відкривається для руху автотранспорту. У колах управління ГКШ диспетчерського контролю включаються контакти вогневих реле ДСН, КМК, ПВ та аварійного А.

Для підвищення безпеки руху поїздів і автотранспорту на неохороняємих переїздах переїзні світлофори обладнають додаткової світлофорної головкою з місячно-білим миготливим вогнем, який горить при відкритому і справному переїзді і вимикається при наближенні до нього поїзда. Справність кола лампи місячно-білого вогню перевіряється у включеному та холодному станах за допомогою вогневого реле БЛО. Якщо ділянка наближення вільна, збуджені реле В, ПВ, котрі включають реле ВБА, ВББ, а також реле КМ і КМК. Трансмітер МТ ввімкнутий постійно, так як при відкритому переїзді в миготливому режимі повинні горіти лампи місячно-білого вогню, а при закритому - червоного. Реле МБО працює в імпульсному режимі, через контакт МТ. При збудженому реле МБО (ТШ-65В) послідовно з лампою місячно-білого вогню включена низькоомна обмотка вогневого реле, і лампа горить, а при відпущеному якорі реле МБО - обидві обмотки послідовно, лампа гасне. З моменту вступу поїзда на ділянку наближення вимикаються реле НВ (ЧВ), В, ПВ, ВБА, ВББ. В імпульсному режимі починають працювати реле М, М1, М2, збуджується реле КМ1. Реле МБО продовжує працювати в імпульсному режимі через контакт реле М2. Реле КМ і КМК залишаються збудженими.

Лампи місячно-білого вогню вимикаються контактами реле ВБА і ВББ (лампа світлофора Б на схемі не показана). Тиловими контактами реле В і ПВ включаються лампи червоного вогню і дзвінки. Переїзд закритий. Після проходження поїзда і звільнення переїзду включаються реле НВ (ЧВ), В, ПВ, ВБА, ВББ. Реле М, М1, М2 і КМ1 вимикаються. На переїзних світлофорах вимикаються червоні миготливі вогні, і включається місячно-білий миготливий вогонь, переїзд відкритий для руху автотранспорту.

Інформація про справність ниток ламп миготливих червоних і місячно-білих вогнів переїзних світлофорів передається по ланцюгу диспетчерського контролю через блок ГКШ на найближчу станцію. При наявності пошкодження на перегінній установці (перегорання лампи світлофора), вогневе реле О перемикає живлення з контакту 61 на контакт 31 генератора ГКШ. В лінію надходить кодований частотний сигнал. На табло у чергового по станції індикація показує, що переїзд несправний, він повідомляє механіку СЦБ про появу несправності.

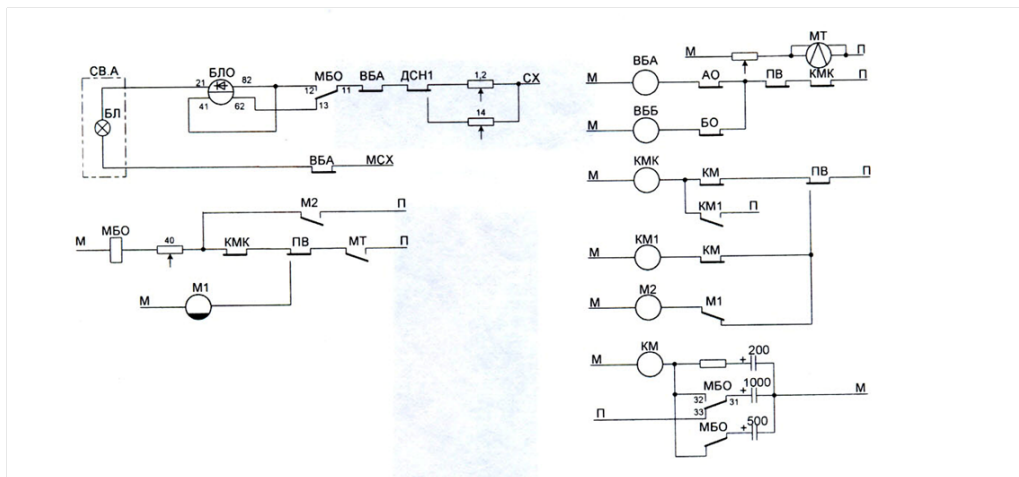


Рис. 2.7 – Схема ввімкнення місячно-білого вогню

## 2.6 Особливості роботи автоблокування на одноколійних перегонах

Сповіщення про наближення поїзда у встановленому напрямку руху для закриття переїзду подається по сповіщувальним проводам за одну або дві блок-ділянки. У невстановленому напрямку руху сповіщення про наближення поїзда для закриття переїзду завжди подається за дві блок-ділянки і сприймається на переїзді за допомогою дешифратора автоблокування [18].

Під час прямування поїзда у встановленому напрямку руху переїзд відкривається з моменту його звільнення. Для контролю проходження поїзда так само, як в двопутному автоблокуванні, проводиться кодування рейкового кола перед переїздом в хвіст поїзда кодом КЖ. При повному звільненні рейкового кола біля переїзду код КЖ сприймають реле ІІ і ДІ і збуджується реле ДП. Відкриття переїзду при прямуванні поїзда в невстановленому напрямку руху відбувається після звільнення поїздом ділянки наближення у встановленому напрямку руху.

Надійність роботи переїзної сигналізації при русі поїзда в установленому та невстановленому напрямках руху забезпечується застосуванням лічильної схеми, що фіксує проходження поїзда по трьох ділянках, розташованих в районі переїзду. При повідомленні про наближення поїзда за дві блок-ділянки схема рахунку контролює проходження поїзда з наступним звільненням двох ділянок наближення кожної ділянки віддалення. При повідомленні за одну ділянку наближення схема рахунку контролює одну ділянку наближення і дві ділянки віддалення.

Принципові схеми управління світлофорної сигналізацією і шлагбаумами отримують позначення в залежності від числа ділянок наближення в парному (А) і непарному (Б) напрямках, а також подачі сповіщення від даного переїзду на наступний переїзд: П - дві ділянки наближення в обох напрямках ; П<sup>АІ</sup> – за дві блок-ділянки в обох напрямках для даного переїзду та сповіщення за дві ділянки в напрямку А від цього на наступний переїзд; П<sub>БІ</sub> – теж саме, сповіщення за дві ділянки в напрямку Б від даного на наступний переїзд; П<sup>АІ</sup><sub>БІ</sub> - теж саме, сповіщення за дві ділянки в обох напрямках від даного на наступні переїзди; П<sup>А1</sup>- за дві ділянки в напрямку Б, за одну ділянку в напрямку А; П<sup>А1</sup><sub>БІ</sub> - за один в напрямку А; сповіщення за дві ділянки від даного на наступний переїзд в напрямку Б; П<sup>А2</sup><sub>БІ</sub> - за дві ділянки в напрямку А, за дві ділянки від даного переїзду на наступний переїзд в напрямку Б.

Таблиця 2.2. – Призначення та назви реле в схемі переїзду з одноколіїним блокуванням

Позначення реле	Тип реле	Призначення реле в схемах
ІП	КМШ-750	Сповіщувач наближення
В	АНШ5-1600	Вмикаюче
ІП1	АНШМ2-380	} Повторювачі сповіщувача наближення
1ІП, ПІП	АНШМ2-760 НМШ1-900	
1И, 2И	ИМВШ-110	Імпульсне колійне
Н	КШ1-80	Реле напрямку
1Н, 2Н	НМШ1-400	Повторювачі реле напрямку
КТ	АНШМТ-380	Контрольне термічне
И	ИМШ1-1700	Загальний повторювач імпульсних колійних реле
ДИ	НМПШ2-400	Додаткове імпульсне
ДП	АНШ5-1600	Додаткове колійне
1Т, 2Т	ТШ-65В	Трансмітерне
1ПТ, 2ПТ	НМПШ2-400	Повторювачі реле напрямку
К	НМШ1-900	Контрольне
Ж, 3	НМШ2-900	Сигнальне
Ж1	НМШ1-400	Повторювач реле Ж
1	ИМШ1-1700	Повторювач лічильника 1 дешифратора
1С	АНШМ2-380	Реле-лічильник для фіксації руху в установленому напрямку
Б, Б1	АНШ5-1600	Блокуюче реле
НИП	АНШМ2-380	Реле контролю другої ділянки наближення

Схема управління світлофорної сигналізацією і шлагбаумами при автоблокуванні змінного струму 50 Гц показана на слайді.

Позначення, типи і призначення релейного апаратури, яка встановлюється на переїзді, приведені в табл. 2.2.

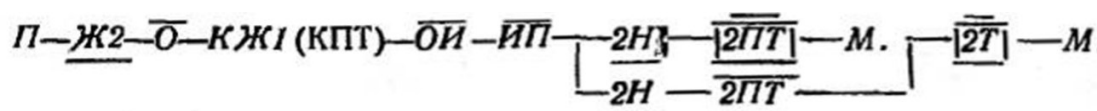
Стан ланцюгів схеми на слайді 6 відповідає встановленому непарному напрямку; переїзд відкритий. Закриття переїзду при наближенні поїзда в непарному напрямку здійснюється за дві блок-ділянки; в парному напрямку - за одну ділянку наближення.

При вільній блок-ділянці 3-5- рейкове коло 5Па кодується від світлофора 3 кодом 3 або Ж. На переїзді від кодових імпульсів працює реле 2И і його повторювачі 1Т і И. Під час імпульсної роботи реле И замикаються дешифруючі кола і при прийомі, наприклад, коду 3 включаються реле Ж, Ж1, 3 та працює реле 1, повторюючи роботу лічильника 1 дешифратора.

Фронтним контактом реле ЖІ і нормальним контактом реле Н вмикається реле 1ПТ. Після цього шляхом перемикавання контакту реле 1Т в колі трансформатора 1П проводиться трансляція кодів у рейкове коло 5П. Вступ поїзда на другу ділянку наближення 7П викликає вимикання реле ИП у світлофора 5. Відпускаючи якір, воно своїми контактами змінює полярність струму з прямою на зворотну в колі сповіщення И-ОИ.

На переїзді реле ИП при зміні полярності струму перемикає поляризований якір і вмикає реле 1ИП. Потім послідовно вимикаються реле ПИП і ИП1. Останнє, відпускаючи якір, виключає реле В, після чого переїзд закривається.

Від вступу поїзда на першу ділянку наближення у світлофора 5 припиняється імпульсна робота реле 2И, від чого вимикаються сигнальні реле Ж. Ж1, Ж2, Ж3. Останнє, відпускаючи якір, розмикає коло сповіщення И-ОИ та повністю вмикає реле ИП на переїзді. Через тиловий контакт реле Ж1 вмикається реле ОИ, яке, притягаючи якір, замикає коло кодування:



З моменту повного проходження поїздом світлофора 5 рейкове коло 5П в хвіст поїзду кодується кодом КЖ. На переїзді зайнятість ділянки наближення і вільність ділянок віддалення фіксуються спрацьовуванням лічильника 1С

$$\overline{П1} - \overline{ЙП} - \overline{К} - \overline{Ж1} - \overline{ИП} - \overline{ПИП} - \overline{1С} - \overline{М1}.$$

При в'їзді поїздів на рейкове коло 5Па на переїзді припиняється імпульсна робота реле 2И, 1Т, И та вимикаються реле Ж, Ж1, З, 1ПТ, К. Після повного звільнення рейкового кола 5П на переїзді від імпульсів коду КЖ починає працювати реле 1И та, повторюючи його роботу, реле ДИ. Через конденсаторний дешифратор, перевіряючий імпульсну роботу реле ДИ, вмикається реле ДП. Слідом за ним по колу, що проходить через тиловий контакт реле ИП і фронтний контакт реле ДП, спрацьовує реле 1ИП. Через фронтні контакти реле 1ИП і НИП включаються реле КТ і ИП1, потім реле В і переїзд відкривається.

Після повного звільнення ділянки наближення і заняття ділянки віддалення на час уповільнення на відпускання лічильника 1С створюється коло заряду конденсатора С1 і збудження реле Б1:

$$\overline{П1} - \overline{Ж1} - \overline{1С} - \overline{1ИП} - \overline{1С} - \overline{Ж} - \overline{С1} - \overline{М1} - \overline{Б} - \overline{Б1} - \overline{М1}.$$

Потім відбувається багаторазова імпульсна робота реле Б і Б1 за рахунок розряду конденсатора С1. При імпульсній роботі реле Б вмикається реле НИП і за рахунок уповільнення утримує якір в притягнутому стані.

Величини ємностей конденсаторів С 1 і С2 підбираються так, щоб забезпечити імпульсну роботу реле Б і Б1 на час проходження поїздом, що йде з мінімальною швидкістю, ділянок віддалення від переїзду. Припинення імпульсної роботи реле Б раніше, ніж збудяться реле Ж1 і З (наприклад, при затримці потяга на ділянці віддалення), призведе до закриття переїзду. Відкриття переїзду відбудеться тільки після звільнення ділянок віддалення з витримкою часу термоелементом.

Можливий випадок, коли після звільнення ділянки наближення (наприклад, 5П) через несправність рейкового кола цієї ділянки переїзд залишається закритим.

Для виключення можливості відкриття переїзду при русі поїзда в зворотному напрямку і вступ на ділянку наближення в схемі застосовано контрольне реле К, контакт якого включений в ланцюг реле Б1 і заряду конденсатора С1. При встановленому парному напрямку і вільності блок-ділянки 4-6 рейкове коло 5П кодується кодом 3 або Ж.

У переїзду від кодів імпульсів працюють реле 1И і И; через дешифратор збуджуються реле Ж, Ж1, 3, а також реле 2ПТ і К. У кодовому режимі починає працювати реле 2Т і транслювати коди в рейкове коло 5Па. Від вступу поїзда на першу ділянку наближення 5Па у світлофора 6 вимикаються реле Ж і Ж1. Фронтними контактами реле Ж1 на переїзді вимикаються реле ИП і слідом за ним реле 1ИП, ПИП, НИП, ИП1, В і переїзд закривається. Відкриття переїзду після проходження поїзда відбувається так само, як і при встановленому непарному напрямку руху.

При встановленому непарному напрямку і русі поїзда в неправильному напрямку переїзд закривається за дві ділянки наближення. Від вступу поїзда на другу ділянку наближення 3П від закритого світлофора 3 в рейкове коло 5Па замість коду Ж починає подаватися код КЖ. На переїзді по дешифруючим колам збуджуються тільки реле Ж і Ж1, реле 3 вимикається. З моменту відпускання якоря реле 3 послідовно вимикаються реле НИП, ИП1, В і переїзд закривається.

Від вступу поїзда на першу ділянку наближення 5Па на переїзді припиняється імпульсна робота реле 2И, И, 1Т, вимикаються реле Ж, Ж1, 1ПТ, 1Т, К і припиняється трансляція кодів у рейкове коло 5П. У світлофора 5 припиняється імпульсна робота реле 2И, вимикаються реле Ж, Ж1, Ж2, Ж3 і вмикається реле ОИ. Фронтними контактами реле Ж3 на переїзді вимикається реле ИП, а за ним реле 1ИП, ПИП. Від світлофора 5 рейкове коло 5П починає кодуватися кодом КЖ. На переїзді від імпульсів цього коду працюють реле

1И, ДИ, ДП. Останнє фіксує вільність рейкового кола 5П перед рухомим поїздом. Переїзд продовжує залишатися в закритому положенні.

З моменту звільнення рейкового кола 5Па відновлюється імпульсна робота реле 2И, 1Т, И. Через дешифратор включаються реле Ж, Ж1, 3 і слідом за ними реле НИП.

Коло реле В розімкнене контактом реле ИП1 і переїзд залишається закритим.

При подальшому русі поїзда і звільнення колійного ділянки віддалення 5П при неправильному напрямі руху у світлофора 5 відновлюється імпульсна робота реле 2И, включаються реле Ж, Ж1, Ж2, Ж3, 3 і відключається реле ОИ. Фронтними контактами реле Ж3 і тилловими реле ИП вмикається коло струму зворотної полярності для реле ИП на переїзді. Повторювачі реле ИП залишаються вимкненими і переїзд закритим.

Під час звільнення другої ділянки віддалення 7П у світлофора 5 вмикається реле ИП і, притягаючи якір, змінює полярність струму зі зворотним на пряму в реле ИП на переїзді. Перемикаючи поляризований якір, це реле включає свої повторювачі 1ИП, ПИП, ИП1. Після цього через фронтіві контакти реле НРП і РП1 вмикається реле В і відкривається переїзд.

## **2.7 Обслуговування пристроїв переїзної сигналізації**

- На переїзди як і на всіх пристроях автоматики для справної їх роботи треба робити профілактичні перевірки, які виконують ся в наступному порядку [3].

### *Перевірка стану акумуляторної батареї*

- Контроль0 стану акумуляторів і вимірювання напруги при виключеному змінному струмі чи за допомогою акумуляторного пробника та перевірку щільності електроліту виконують один раз у два тижні. Вимірювання напруги на акумуляторах на переїздах зі шлагбаумами з електродвигунами змінного струму виконують через 10- 15 хвилин після виключення змінного струму, а на переїздах з двигунами постійного струму – після триразового- відкриття-закриття шлагбаумів при виключеному змінному струмі.

### *Перевірка стану та видимості переїзних світлофорів*

- Стан переїзних світлофорів перевірити візуально, звернувши увагу на цілісність лінзових комплектів, захисного шланга, наявність кріпильних гайок, козирків та їх справність, справність запору головок, ущільнення, міцність кріплення світлофорних головок – спробою зсуву головки щодо щогли. Зовнішні поверхні лінз лінзових комплектів очистити тканиною, змоченою водою чи гасом, а при сильному забрудненні – тканиною, змоченою розчинником “646” або аналогічним, після чого протерти сухим обтиральним матеріалом.

- Потім перевірити видимість вогнів переїзних світлофорів, яка на прямих ділянках автомобільних доріг повинна бути не менше 100 м, на кривих ділянках – 50 м. Видимість вогнів переїзних світлофорів перевірити при прямуванні поїзда чи включенні переїзної сигналізації з щитка керування.

- При перевірці видимості вогнів переїзного світлофора звернути увагу на частоту та рівномірність мигання вогнів. Вогні переїзного світлофора повинні по черзі загорятися і гаснути з рівними проміжками часу. При цьому число мигань кожної лампи повинно складати (38 – 42) мигання на хвилину.

- Якщо переїзні світлофори обладнані головками із світлодіодами, необхідно виконати їх зовнішній огляд і перевірку відсутності темних плям на поверхні світлофільтра-розсіювача. При наявності темних плям необхідно визначити кількість несправних світлодіодів. Якщо головка має більше 16 погаслих світлодіодів, вона повинна бути замінена на справну.

#### *Перевірка дії пристроїв переїзної сигналізації*

- На переїздах, що обслуговуються черговим працівником, електромеханік перевіряє дію кнопок щитка керування та роботу пристроїв переїзної автоматики натисканням і поверненням кнопок у вихідне положення. Натискання, витягування, повернення у вихідне положення кнопок на щитку керування під час перевірки здійснює черговий по переїзду, а електромеханік спостерігає та визначає правильність (справність) роботи переїзної автоматики. Керування пристроями СЦБ при таких перевірках електромеханіком допускається лише з дозволу чергового по переїзду та під його наглядом.

#### *Вимірювання електричних характеристик шлагбаума*

- На залізничних переїздах, обладнаних шлагбаумами з двигунами змінного струму, номінальна напруга кіл керування складає 12 В, а з електродвигунами постійного струму – 24 В.

- Величини напруг постійного струму вимірюють на клеммах електромагнітної муфти кожного шлагбаума окремо. Напруга на клеммах електромагнітної муфти у включеному стані повинна бути при живленні 12 В не менше 11 В, при живленні 24 В – не менше 23 В. Допускається виконувати вимірювання на клемній колодці шлагбаума.

- Вимірити величину напруги на клеммах електродвигуна для кожного шлагбаума окремо.

- Напруга живлення на клеммах електродвигуна змінного струму повинна бути не нижче 210 В, постійного струму – не нижче 22 В. Допускається вимірювання напруги на клеммах контактів безпеки або на клемній колодці шлагбаума.

- Вимірити опір ізоляції між корпусом та електричним монтажем, величина повинна бути не менше 25 МОм.

#### *Вимірювання часових характеристик шлагбаума*

- Вимірити час підйому і опускання загороджувального бруса. Час підйому або опускання загороджувального бруса повинен бути в межах від 8с до 25с.

- Вимірити час сповіщення на вимикання електродвигуна при недоході загороджувального бруса до свого контрольного верхнього положення, який повинен складати від 18с до 25с.

- Часові характеристики шлагбаума вимірюють ручним секундоміром. Допускається часові характеристики шлагбаумів ручним годинником із секундною стрілкою.

- Недоліки, виявлені при комплексному обслуговуванні та перевірці пристроїв автоматичної переїзної сигналізації на переїздах повинні бути усунуті на місці.

#### *Зміна ламп і вимірювання напруги на лампах*

- Зміна ламп і вимірювання напруги на лампах переїзних світлофорів слід виконувати згідно з технологією викладеною в технологічних картах.

- Результати роботи оформити в картці ШУ-61.
- Зміну ламп щитка керування переїзною сигналізацією здійснюють в міру їх перегорання.

### *Несправності в роботі переїзду*

- Першою з несправностей роботи переїзду є втрата контакту в запобіжниках, які розміщені в електроприводах шлагбаумів, це призводить до не піднімання бруса шлагбаума, що впливає на рух автотранспорту. Основною проблемою цієї несправності є те, що її не можливо зпрогнозувати.
- Іншою проблемою є неоднчасне знеструмлення реле ПБ, тип НМШ2-12000, що впливає на роботу реле МБ, які задіяні в роботі схеми відкриття переїзду, навіть короткочасна втрата контакту реле МБ призводить до різкого та випадкового для водіїв закриття шлагбаумів на переїзді
- Також є проблема, яка пов'язана з комплектацією переїзду, ця проблема, це вплив низької температури на роботу генераторів. Генератори типу ГП не витримують холодну погоду і при температурі -5 і нижче починаються збої в роботі генераторів.

Щорічно у квітні-травні, а на переїздах з автобусним рухом додатково у вересні-жовтні, на всіх залізницях обов'язково проводяться обстеження переїздів керівниками дистанції колії з участю представників дистанції сигналізації та зв'язку, електропостачання, представників апарату головного ревізора з безпеки руху поїздів та автотранспорту залізниці, Державтоінспекції, шляхово-експлуатаційних організацій та начальників станцій, якщо переїзд розташований у межах станції а також балансоутримувачів автомобільних доріг, що перетинають залізницю, та організаторів перевезень пасажирів на автобусних маршрутах загального користування відповідних сполучень. На переїздах з автобусним рухом до складу комісії запрошують представників органу з питань контролю на автомобільному транспорті. За результатами підсумків обстеження розробляються календарні плани усунення виявлених недоліків, організовується приведення у належний стан пристроїв і обладнання переїздів, а також прилеглих до переїздів ділянок доріг (вулиць) відповідно до вимог ДСТУ 3587-97, та Правил технічної експлуатації залізниць України.

## **2.8 Висновки до другого розділу**

В другому розділі даної магістерської роботи проведено аналіз роботи та конструкції систем автоматичної переїзної сигналізації як зі шлагбаумами так і без них, на одноколійних та двоколійних ділянках залізниці. По результатам даного аналізу можна зробити однозначний висновок що жодна з систем АПС не контролює наявність автотранспорту в зоні переїзду і подальше підвищення надійності роботи схем самої АПС не буде мати значного впливу на аварійність в зоні переїзду. Це ще раз підтверджує необхідність побудови а використання додаткових засобів контролю наявності автомобільного транспорту в зоні переїзду.

### **3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЗАЙНЯТОСТІ ЗОНИ ПЕРЕЇЗДУ АВТОТРАНСПОРТОМ**

#### **3.1 Методи контролю за рухом автодорожніх транспортних засобів через залізничний переїзд**

Значне та неухильне зростання кількості транспортних засобів на мережі доріг, підвищення їх вантажопідйомності, швидкісних показників сприяє значному збільшенню інтенсивності руху та транспортного навантаження на залізничні переїзди, що спричиняє збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це, у свою чергу, висуває нові вимоги до облаштування місць перетину автомобільних доріг та залізничних колій, їх утримання, застосування додаткових заходів щодо підвищення безпеки руху, запровадження профілактичних заходів щодо зміцнення дорожньої дисципліни водіїв.

Проблематикою є те, що при спрацюванні системи автоматичної переїзної сигналізації деякі автодорожні транспортні засоби продовжують перетинати залізничний переїзд, створюючи тим самим, загрозу безпеці руху, яка може спричинити небезпечну, а то й катастрофічну транспортну ситуацію. З цією метою необхідно контролювати процес перетину автотранспортними засобами меж залізничного переїзду у процесі руху поїзда ділянкою наближення.

Реальний стан у сфері забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах постійно вимагає нових підходів та рішень, адже статистика показує, що хоча на залізничних переїздах відбувається тільки біля 4,5% від загальної кількості ДТП на мережі автодоріг, однак їх наслідки (як людські, так і матеріальні втрати) значно важчі..

Тому існує нагальна потреба у пристроях, які контролюватимуть процес перетину меж залізничного переїзду автодорожніми транспортними засобами під час руху поїзда ділянкою наближення.

В літературі описаний спосіб запобігання загрозі безпеки руху на переїздах залізничного транспорту за рахунок додаткового контролю переміщення транспортних засобів через залізничний переїзд та створення можливості впливу на ситуацію у його межах.

Суть способу полягає в тому, що при вступі поїзда на ділянку наближення крім вмикання загороджувальних пристроїв та автоматичної переїзної сигналізації додатково, у межах переїзду, проводиться контроль наявності автотранспортних рухомих одиниць за допомогою датчиків, і, у разі наявності транспортних засобів, особливо таких, які не рухаються, приймаються додаткові заходи, наприклад, вмикання мовної сигналізації, а для транспортного засобу, що рухається залізничною колією – загороджувальних світлофорів. Крім цього в рейкове коло ділянки наближення здійснюється трансляція кодів, які забезпечать зниження швидкості, або навіть і зупинку залізничної рухомої одиниці.

Задачі виявлення завад на переїзді та сповіщення про це машиніста поїзда, який наближається до переїзду, також покладаються на встановлювані на переїзді спеціальні технічні засоби. Потреба у контролі залізничних переїздів обумовлена наявними випадками наїзду поїздів на автотранспорт, який з певних причин зупинився на переїзді або виїхав на переїзд при заборонному сигналі світлофора та не встиг звільнити його до вступу поїзда. Такі технічні засоби, у ряді випадків, застосовуються як для виявлення завад на переїзді так і для фіксації номерів автотранспортних засобів, які допускають виїзд на переїзд при заборонному сигналі світлофора.

Для виявлення завад у межах залізничного переїзду може застосовуватися телевізійна та радіолокаційна апаратура, а також оптичні датчики та датчики інфрачервоного випромінювання тощо. Наприклад, у системі PAI PL Level Crossing Obstacle Detector (розроблена компанією General Electric Transportation Systems Global Signaling) для виявлення завад використовуються радіолокаційні пристрої, які фіксують знаходження на переїзді об'єкта розміром від велосипеда до автопоїзда. У системі, яка експлуатується на Японських залізницях, для автоматичного виявлення усіх об'єктів, які перегороджують шлях поїзду, використовується промінь світла, який просвічує переїзд протягом 6 с від моменту повного його закриття. В інтелектуальній системі Rail Crossing Guard контроль вільного стану переїзду від автотранспорту здійснюється за допомогою кількох відеокамер. У всіх системах машиністові поїзда, який наближається до залізничного переїзду, постійно виводиться інформація про вільний або зайнятий стан переїзду, яка відображається за допомогою спеціальної індикації. У випадку неприйняття машиністом при виявленні завади заходів щодо

зупинки поїзда перед переїздом, передбачається застосування екстреного гальмування. У Росії також розроблена система телевізійного контролю залізничних переїздів, яка забезпечує на відстані 2 км від переїзду передачу на локомотив зображення ситуації, яка склалася на даний час у межах переїзду. Така ж система використовується на ряді залізничних переїздів Японії, яка забезпечує відтворення на моніторі в кабіні машиніста обстановки на переїзді на відстані в 1,3 км.

Як приклад систем, які забезпечують контроль процесу перетину меж залізничного переїзду автодорожніми транспортними засобами можна зазначити систему, запропоновану Італійською компанією Mermeo. Дана система (рис. 3.1) виявлення завад при наближенні поїздів засобами інфрачервоних лазерних датчиків здійснює автоматичне виявлення завад на залізничних переїздах та запобігає аваріям. Виявлення здійснюється одним або кількома блоками датчиків, залежно від розміру залізничного переїзду.

Блок управління збирає інформацію із переїзду шляхом зондування і генерує сигнали залежно від розмірів мінімальної завади. Блок управління здатний інтегруватися у традиційну систему переїзної автоматики у тому числі і з автоматичними чи півавтоматичними шлагбаумами, а також може узгоджуватися із новітніми електронними системами засобами безпечних інтерфейсів.

Переваги та вигоди системи:

- простота установки та адаптації до об'єктів контрольованої області;
- кількість одиниць зондування в установці набагато нижча у порівнянні з іншими технологічними рішеннями, наприклад, системами радіолокаційного моніторингу (мікрохвильові системи);
- простота конфігурації для конкретної геометрії переїзду;
- простота конфігурації порогів сигналізації залежно від розмірів чи об'ємів об'єктів контролю;
- відсутність хибних спрацьовувань, коли потрібно визначення дрібних об'єктів та / або людей, які лежать на рейках;
- надійна робота в суворих погодних умовах, таких як дощ, сніг і туман;
- може бути доповнена системою візуальної перевірки стану території.

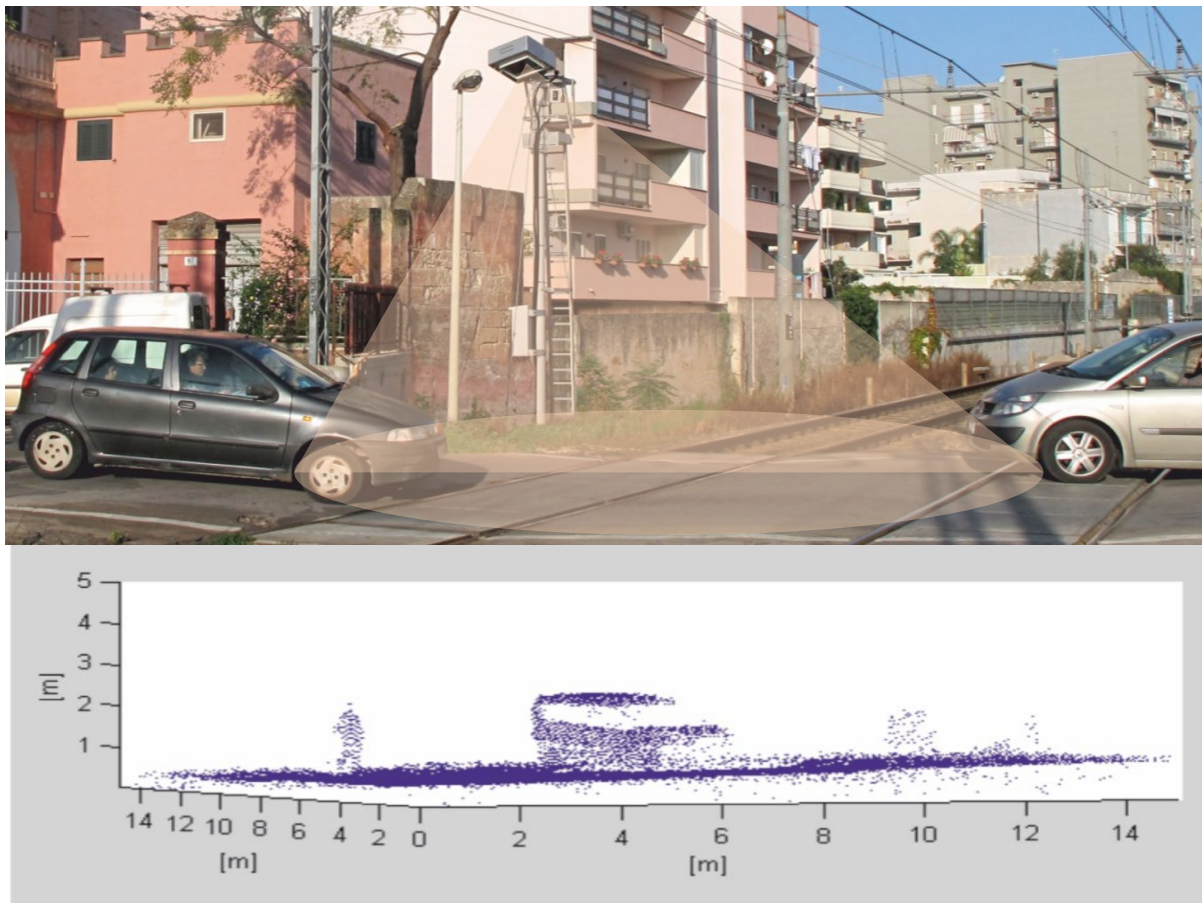


Рис. 3.1 – Система контролю фірми Мермес

Одним із суттєвих недоліків цієї системи є те, що її вартість досить значна, а при обладнанні такою системою значної кількості залізничних переїздів матеріальні витрати будуть надзвичайно високими.

У розробленій у Нідерландах системі ADOB, на переїзді встановлюється спеціальні сканери, які самостійно управляють загороджувальними світлофорами. Пристрої виявлення завад на переїзді та фіксації номерів автотранспорту розробляються також і для магістрального залізничного транспорту України, однак дані пристрої поки не знайшли широкого використання.

З метою здешевлення системи контролю проходження автодорожнього транспорту через залізничний переїзд було здійснено аналіз датчиків, які використовуються на залізничному та автодорожньому транспортах.

Серед датчиків, які використовуються залізничному транспорті прийнятними для такої системи є тільки лазерні, індуктивні датчики, мікрохвильові радары та відео процесори зображення.

У сучасних системах управління рухом на мережі автомобільних доріг поширення отримали магнітометри, магнітні датчики, процесори відео

зображення, мікрохвильові та лазерні радарні датчики, ультразвукові, акустичні та пасивні інфрачервоні датчики. Оптичний датчик також знайшов застосування для виявлення великогабаритних транспортних засобів.

Однак перерахованим датчикам властиві недоліки, які обмежують їх використання:

- не всі датчики мають змогу визначати автомобіль, який не рухається;
- деякі потребують спеціального програмного забезпечення для обробки сигналу;
- більшість з них чутливі до погодних умов (дощ, сніг тощо);
- потребують регулярного обслуговування (наприклад, періодичної очистки лінз).

Виходячи із проведеного аналізу можна стверджувати, що найдоцільніше, у якості датчика наявності автотранспортного засобу у межах залізничного переїзду, використовувати детектор у виді індуктивної петлі, або, інакше кажучи, індуктивний датчик. Це пов'язано із основними його перевагами: гнучкий дизайн для задоволення різноманітних потреб; легко узгоджуються із будь-якими технологіями (у тому числі і новітніми); значний термін експлуатації; забезпечує визначення основних параметрів автотранспорту (наприклад, розміри, наявність у зоні дії датчика, розміщення у просторі, швидкість та напрям руху тощо); нечутливість до атмосферних впливів (дощ, туман, сніг тощо); забезпечує кращу точність підрахунку даних у порівнянні з іншими методами; моделі із високочастотним збудженням забезпечують можливість класифікації транспортних засобів.

Розглянувши основні переваги і недоліки датчиків, які використовуються на залізничному та автомобільному транспорті, можна стверджувати, що для визначення стану залізничного переїзду у момент знаходження поїзда на ділянці наближення, найдоцільніше використовувати індуктивний датчик.

### **3.2 Принципи виявлення автотранспортних засобів за допомогою індуктивної-петлі**

Основними компонентами системи детектора у виді індуктивної петлі є:

- Один або кілька витків ізолюваного провідника у виді індуктивної петлі, яка виконана у невеликому гнізді у проїзній частині автомобільної дороги.
- Підвідні провідники до петлі від монтажної коробки на узбіччі та кабель від ящика до шафи із контролером управління.

- Блок електроніки (контролер управління), який розташований в шафі управління.

На рис. 3.2 наведено умовну схему системи із детектором у формі індуктивної петлі, котрий реагує на металеві елементи транспортних засобів, які рухаються над ним проїжджою частиною.

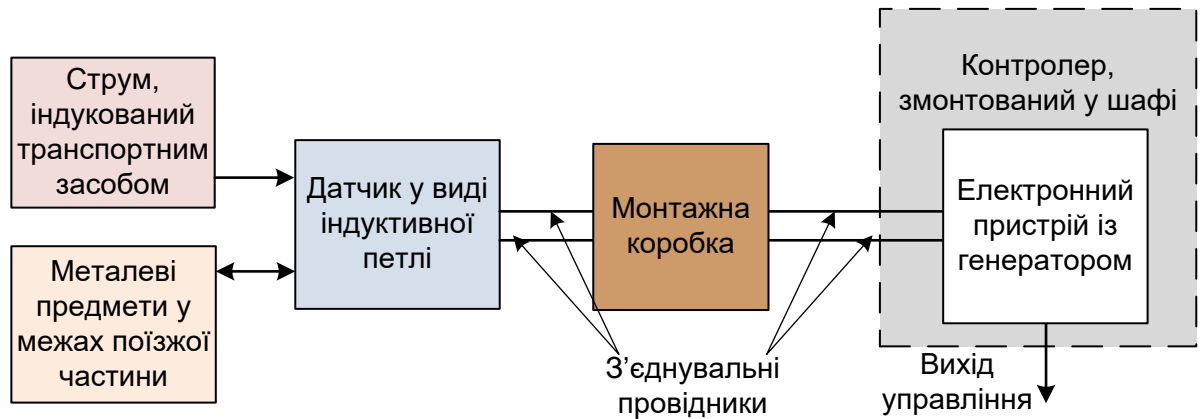


Рис. 3.2 – Структура індуктивного детектора системи визначення (умовна)

Система індуктивної петлі поводить ся як налаштоване електричне коло, в якому провідники петлі та підвідний кабель становлять індуктивні елементи. Принципи роботи системи полягає у зміні (зменшенні) значення індуктивності детектора внаслідок дії вихрових струмів, які наводяться у шасі, днищі, кузові та інших металевих елементах автомобіля, що знаходиться у межах дії детектора. Цей принцип є загальними для всіх конструктивних систем індуктивної петлі. Сама петля і підвідні провідники містять комбінацію опору, індуктивності і ємності.

Блок електроніки сприймає зменшення індуктивності та надсилає імпульс до контролера, який фіксує проходження або наявність транспортного засобу у межах дії датчика.

Із проведеного аналізу випливає, що існуючі методи функціонування систем визначення координати і швидкості для автоматичної переїзної сигналізації недостатньо ефективні для підвищення безпеки та забезпечення пропускну здатності автотранспорту. Аналітичний огляд свідчить про те, що автори вирішували проблему окремо, або з точки зору контролю за рухом поїзду шляхом різних колійних датчиків, або шляхом контролю за автотранспортом. Ефективніше проблему забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах можна вирішити,

врахувавши вплив на неї обох учасників руху – як залізничних, так і автодорожніх транспортних засобів.

Виходячи із зазначеного, у даній роботі розробляється комплексний метод контролю параметрів руху залізничних та автодорожніх транспортних засобів. В данному проекті розроблено систему контролю автотранспорту в межах залізничного переїзду шляхом використання індуктивного датчика.

Це дозволить розширити функціональні можливості засобів залізничної автоматики, шляхом неперервного контролю наявних автотранспортних засобів у межах залізничного переїзду, що дасть змогу завчасно попередити машиніста поїзда, який наближується до залізничного переїзду, про потребу у застосуванні спеціальних заходів щодо зниження швидкості руху чи повної зупинки.

### **3.3 Індуктивні петлі у якості датчиків контролю процесу перетину залізничного переїзду автодорожніми транспортними засобами**

Індуктивний контур системи детектування складається із прихованої в проїжджій частині дороги петлі, виконаної із одного або кількох витків провідника. Ця петля за допомогою лінії передачі (тобто підвідного провідника чи кабелю) під'єднана до блоку електроніки. Коли транспортний засіб сприймається нею, відбувається зменшення її індуктивності, що фіксується блоком електроніки.

Виходячи з того, що індуктивність лінії передачі збільшує величину індуктивності на вході блоку електроніки, то індуктивність контуру повинна бути більшою, аніж індуктивність лінії передачі. Індуктивність контуру може бути збільшена шляхом намотування додаткових витків чи шляхом уведення додаткового трансформатора узгодження між петлею і лінією передачі.

Крім цього, зазначена система володіє власними паразитними ємністю та опором, а також зовнішньою паразитною ємністю. Тому необхідно враховувати як внутрішню, так і зовнішню ємність індуктивних петель, оскільки це впливатиме на верхнє обмеження робочої частоти контуру системи. Величина індуктивності петлі та з'єднувальних провідників також обмежує робочу частоту системи.

Активний опір провідників, якими виконана петля та кабель з'єднання із блоком електроніки знижує добротність системи. Тому необхідно використовувати провідники відповідних (прийнятних) діаметрів.

Значення індуктивності, спричинене розмірами та кількістю витків контуру чи комбінації петель, разом із довжиною підвідного кабелю, необхідно звести у межі, які сумісні з частотою генерації електронного блоку (контролера).

Для точнішого прогнозування продуктивності системи, була розроблена еквівалентна модель схеми системи петлі та запрограмована на комп'ютері у системі комп'ютерної алгебри Mathcad 15 і використовувалась для розрахунку індуктивності, чутливості та добротності системи виявлення залежно від частоти, типу провідників петлі, відстані між провідниками у петлі, тощо.

Еквівалентна модель замкнутої системи містить модель індуктивного контуру (петлі), який змонтований у проїжджій частині та модель лінії передачі (з'єднувальних провідників між блоком електроніки та петлею).

### **3.4 Виявлення транспортних засобів**

Струм, який протікає петлею створює магнітне поле навколо неї. Якщо транспортний засіб (або будь-який інший електропровідний об'єкт) входить у межі цього магнітного поля, то це магнітне поле спричиняє виникнення у площині об'єкта вихрових струмів. Ці вихрові струми генерують інше магнітне поле, яке протидіє магнітному полю петлі, що спричиняє зменшення загального магнітного поля навколо контуру. Оскільки індуктивність петлі пропорційна магнітному потоку, це зменшує індуктивність контуру.

Днище (шасі) транспортного засобу, який проходить над вмонтованою у полотно автомобільної дороги індуктивною петлею являє собою горизонтальний об'єкт, який можна змоделювати як провідну прямокутну пластину ширина якої визначається шириною транспортного засобу, її довжина дорівнює довжині транспортного засобу на деякій середній висоті шасі (рис.3.3, *a*).

Для моделювання електричних характеристик такої суцільної пластини можна скористатися сіткою прямокутної форми із симетрично укладених провідників із площею, що дорівнює площі пластини (рис. 3.3, *b*). Однак у такій сітці всі індуковані внутрішні потоки, які створюються провідниками у межах її периметру, взаємно компенсують один одного, тому ними можна знехтувати. Це спричиняє один індукований струм, який протікає тільки периметром сітки, що еквівалентно одному витку петлі прямокутної форми із коротко замкнутими виводами (рис. 3.3, *c*). Отже, у результаті, отримуємо трансформатор із повітряним осердям у якому первинну

обмотку становить датчик у виді індуктивної петлі, змонтованої у проїзній частині дороги, а вторинну – петля прямокутної форми із коротко замкнутими виводами, ширина якої визначається шириною транспортного засобу, її довжина дорівнює довжині транспортного засобу на деякій середній висоті шасі (рис. 3.3, *d*).

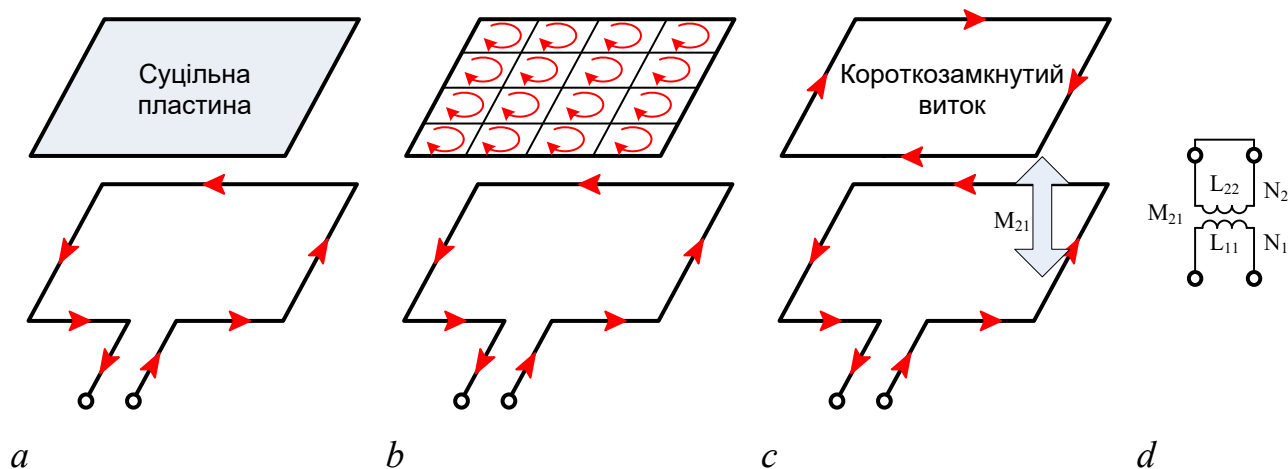


Рис. 3.3 – Модель взаємодії днища (шасі) автомобіля із петлею

Верхня частина рисунка зображує електричну модель ходової частини автомобіля, нижня частина – індуктивну петлю

Взаємна індуктивність між петлею і коротко замкнутим витком, який виконує роль автомобіля (див. рис. 3.3) визначається із співвідношення

$$M_{21} = \frac{n_2 \cdot \Phi_{21}}{I_1}, \quad (3.1)$$

де:  $M_{21}$  – взаємна індуктивність між первинною (петлею) та вторинною (короткозамкнутий виток) обмотками трансформатора із повітряним проміжком, Гн;  $n_2$  – кількість витків у вторинній замкнутій накоротко обмотці (у даному випадку 1);  $\Phi_{21}$  – магнітний потік між обмотками, Вб;  $I_1$  – струм первинної обмотки трансформатора (петлі), А.

Чутливість детектора у виді індуктивної петлі визначається як відношення зміни індуктивності системи, яка спричинена внесенням у її межі металевого об'єкта до початкового значення індуктивності петлі:

$$K_L = \frac{L_{nv} - L_v}{L_{nv}} \cdot 100\% = \frac{\Delta L}{L} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де:  $L_{nv}$  – Індуктивність петлі за відсутності транспортних засобів (vehicle outside), Гн;  $L_v$  – індуктивність петлі за наявності в її межах автомобіля (vehicle inside), Гн.

Чутливість  $K_T$  для трансформатора із повітряним осердям, наведеного на рис. 3.3, *d*, за умови, що його добротність  $Q$  більша 10, визначається із співвідношення:

$$K_T = K \cdot 100\% = \frac{(M_{21})^2}{L_{11} \cdot L_{22}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де:  $K_T$  – коефіцієнт зв'язку між обмотками трансформатора;  $M_{21}$  – взаємна індуктивність між первинною (петля) та вторинною (короткозамкнутий виток) обмотками трансформатора, Гн;  $L_{11}$  – індуктивність первинної обмотки трансформатора (петлі), Гн;  $L_{22}$  – індуктивність вторинної обмотки трансформатора (короткозамкнутого витка), Гн.

Індуктивність петлі із шириною  $l_1$ , змонтованої у проїжджій частині автодорожнього покриття визначається як індуктивність котушки, з довжиною, яка значно більша за її площу визначається :

$$L_{11} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_{r11} \cdot (n_1)^2 \cdot S_1 \cdot F_1}{l_1}, \quad (3.3)$$

Індуктивність короткозамкнутого витка (автомобіля) визначається із виразу:

$$L_{22} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_{r22} \cdot (n_2)^2 \cdot S_2 \cdot F_2}{l_2}, \quad (3.5)$$

Взаємна індуктивність між короткозамкнутим витком та петлею визначається із виразу:

$$M_{21} = \frac{\mu_0 \cdot \mu_{r21} \cdot n_1 \cdot S_2 \cdot F_1}{d_{21}}, \quad (3.4)$$

де:  $\mu_{r11}$ ,  $\mu_{r22}$ ,  $\mu_{r21}$  – відповідно відносні магнітні проникності матеріалу, у який поміщена петля, автомобіля, та проміжку трансформатора ( $\mu_{r21} = 1$  – повітря);  $n_1$ ,  $n_2 = 1$  – відповідно кількість витків у первинній та вторинній обмотках (індуктивна петля та одиночний виток, який моделює автомобіль);  $S_1$ ,  $S_2$  – відповідно площі петлі та ходової автомобіля, м<sup>2</sup>;  $d_{21}$  – відстань між петлею і короткозамкнутим витком (відстань від поверхні дороги до днища автомобіля), м;  $F_1$ ,  $F_2$  – коефіцієнти урахування неоднорідності магнітного потоку у межах індуктивної петлі (у проїзній частині) та за її межами (у дорожньому просвіті, автотранспортному засобі, тощо) відповідно.

Отже, враховуючи вирази (3.4) – (3.6) коефіцієнт зв'язку виражається як:

$$K = \frac{S_2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot F_1}{\mu_{r11} \cdot \mu_{r22} \cdot S_1 \cdot (d_{21})^2 \cdot F_2}. \quad (3.7)$$

Рівняння (3.7) показує, що чутливість:

– зменшується для петель із площею більшою, аніж площа проекції днища транспортного засобу на полотно дороги (це свідчить про те, що для збільшення чутливості необхідно, щоб площа петлі була меншою за найменшу площу днища (шасі) автомобіля, який необхідно виявляти);

– зменшується пропорційно до квадрату відстані днища транспортного засобу від петлі (для виявлення транспортних засобів із значним дорожнім просвітом необхідно, щоб ширина петлі за розмірами була приблизно така-ж як і ширина автомобіля);

– не залежить від кількості витків петлі;

– обернено пропорційна відносній магнітній проникності ущільнювального матеріалу засипки (якщо засипка гігроскопічна (тобто поглинає і утримує воду) або незаповнена (тобто дає змогу воді проникати між провідниками петлі), чутливість петлі до об'єкту знижується);

– обернено пропорційна коефіцієнту урахування неоднорідності магнітного потоку за межами індуктивної петлі (у дорожньому просвіті, автотранспортному засобі, тощо) та прямо пропорційна коефіцієнту урахування неоднорідності магнітного потоку у межах індуктивної петлі (у проїзній частині), тому петлі квадрупольної форми володіють більшою чутливістю.

Метали, з відносною проникністю більшою за одиницю, збільшують власну індуктивність (див. (3.5)). Хоча найбільший приріст індуктивності відбувається, коли сталеве осердя проходить безпосередньо через петлю, однак метал маси транспортного засобу (двигун, трансмісія тощо) буде також дещо збільшувати власну індуктивність. Цей стан називається "феромагнітним ефектом".

Феромагнітний ефект від маси заліза двигуна, трансмісії або диференціала автомобіля не створює індикацію присутності чи проходження. Металеві деталі транспортного засобу зменшують індуктивність петлі за рахунок вихрових струмів, які у ній наводяться.

### 3.5 Вибір конфігурації та розмірів петлі для використання у якості датчика наявності автодорожнього транспортного засобу

Можливі варіанти реалізації укладання провідників (витків) індуктивної петлі (рис. 3.4) у формі: кола; квадрата (прямокутника); ромба; шестигранника, восьмигранника; у виді знаку  $\infty$  (квадруполя).

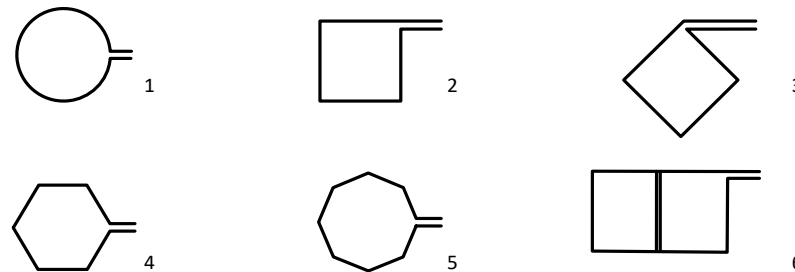


Рис. 3.4 – Можливі варіанти укладання витків індуктивної петлі 1. коло; 2. квадрат (прямокутник); 3. ромб; 4. шестигранник; 5. восьмигранник; 6. квадруполь.

Оскільки дана петля монтуватиметься у проїзній частині автодороги необхідно забезпечити максимальну простоту її встановлення. Тому зупинимося на петлі у формі квадрата (прямокутника).

Необхідно також зазначити, що петлі квадрупольної форми, у порівнянні з іншими формами петель менше відчувають вплив зовнішніх електромагнітних хвиль на значення індуктивності. Ця особливість таких петель пов'язана із формою їх укладання, адже така петля складається фактично із двох петель, які укладені назустріч одна одній, що взаємно компенсує вплив зовнішнього електромагнітного випромінювання. Тому, виходячи із зазначеного, потрібно розглянути можливість укладання петлі квадрупольної форми.

Оскільки для збільшення чутливості петлі при виявленні транспортних засобів із значним дорожнім просвітом необхідно, щоб ширина петлі за розмірами була приблизно така-ж як і ширина автомобіля вибиратимемо ширину петлі за базовими розмірами автомобілів. З цією метою розглянемо ширини автотранспортних засобів, які, згідно Правил дорожнього руху, можуть перетинати залізничні переїзди.

Аналіз літератури показує, що на мережі автодоріг та через залізничні переїзди рухаються автотранспортні засоби із шириною, яка знаходиться в межах від 1 500 мм до 2 500 мм, тому, з метою ефективною фіксації усіх типів

автодорожніх транспортних засобів виберемо для ширини петлі середнє значення, тобто 2 м ( $l_1 = 2$  м).

Як впливає із (3.7), для ефективної фіксації автотранспортних засобів, площа петлі повинна бути меншою за площу днища (шасі) авто, тому вибираємо довжину петлі 1 м ( $l_2 = 1$  м). У цьому випадку площа петлі становитиме  $S_1 = l_1 \cdot l_2 = 1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2$ , а периметр  $P = 2(l_1 + l_2) = 2(1 + 2) = 6 \text{ м}$ .

### **3.6 Розробка пристрою контролю автотранспорту за допомогою індуктивної петлі**

Для дистанційного контролю зайнятості зони переїзду був обраний індуктивний метод контролю за автотранспортом на переїзді. Структурна схема системи контролю приведена на рис. 3.5.

#### *Пристрій і принцип дії.*

Аналоговими перемножувачами напруг називають інтегральні мікросхеми, призначені для виконання операції множення двох сигналів і видачі результату перемноження у формі напруги (3.8).

$$U_{\text{вв}} = \frac{U_x U_y}{U_r} = K_n U_x U_y \quad (3.8)$$

де  $U_r = K_n^{-1}$  — масштабуюча напруга.

Особливістю операції перемноження є те, що полярність вихідної напруги визначається полярностями двох вхідних напруг, кожна з яких може бути як позитивним, так і негативним.

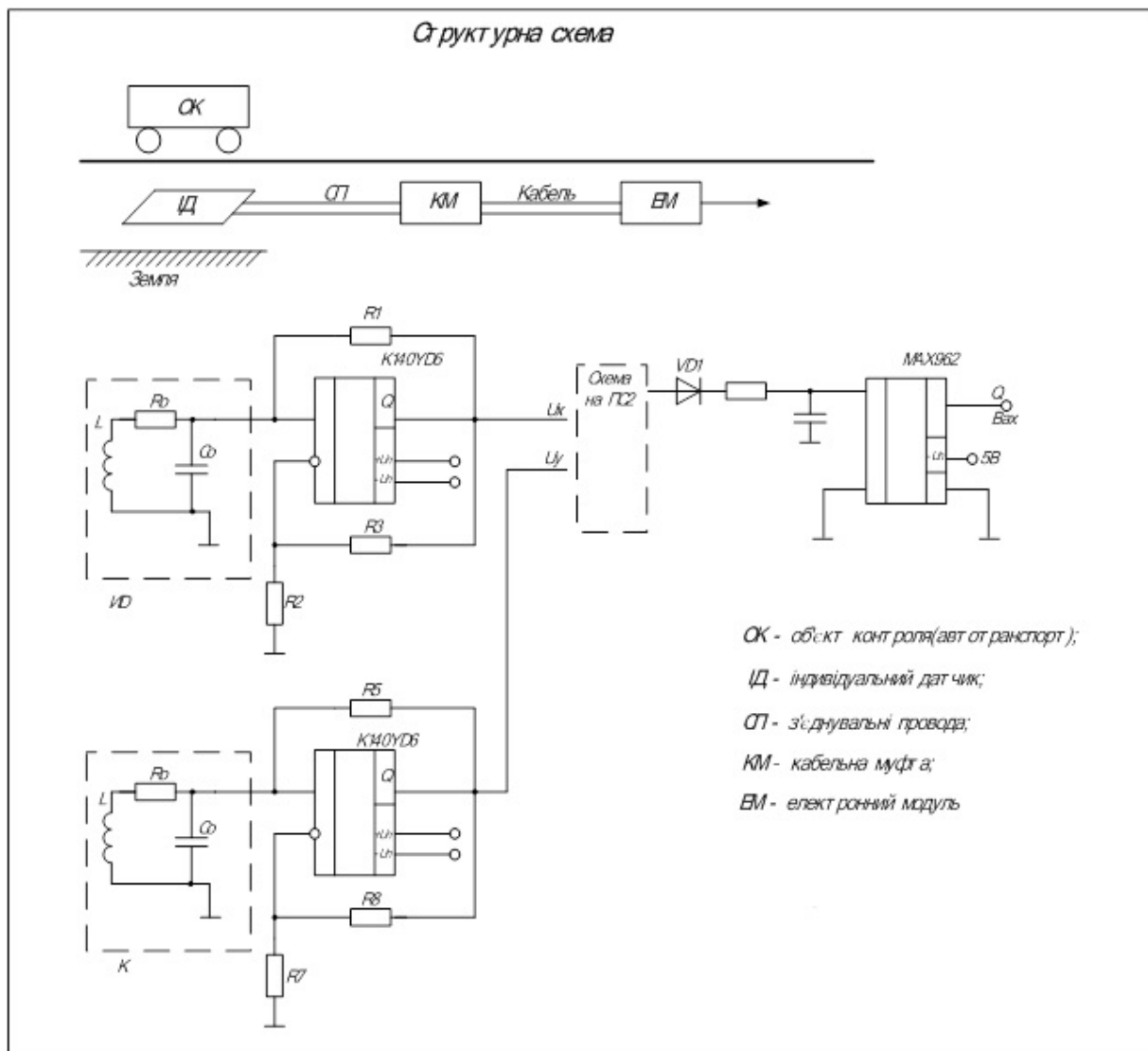


Рис. 3.5 – Індивідуальний датчик наявності автотранспорту на переїзді

Якщо вхідні і вихідні сигнали можуть бути як позитивними, так і негативними, і полярності їх узгоджені, то такий перемножувач називається чотириквadrантний. Якщо вихідний сигнал змінює полярність при зміні полярності тільки одного вхідного сигналу, то помножувач називають двухквadrантним. Якщо всі сигнали можуть бути тільки однополярним, то помножувач називають одноквadrантним.

Масштабуюча напруга  $U_r$  зазвичай є постійною (хоча і з підстроюванням), але в більшості мікросхем перемножувача значенням цієї напруги можна управляти, подаючи струм або напругу управління на третій вхід. Оскільки в аналогових перемножувачах вихідна напруга залежить від двох вхідних напруг, то його характеристики можуть певним чином залежати від цих напруг. У реальному перемножувачі вихідна напруга є пропорційною не тільки добуткам вхідних

сигналів, але і самим вхідним сигналам, тому для його оцінки зазвичай користуються формулою:

$$U_{\text{вих}} = K_n U_x U_y + K_x U_x + K_y U_y + K_0 \quad (3.9)$$

де  $K_n$  — постійний коефіцієнт передачі перемножувача,  $K_x$ ,  $K_y$  — коефіцієнти, що визначають зміщення, залежно від рівня вхідних сигналів  $U_x$  і  $U_y$ ,  $K_0 = U_{\text{см}}$  — зміщення нульового рівня.

Для отримання високої точності перемноження сигналів в мікросхемах перемножувача вводяться принаймні чотири регулювання, що дозволяють встановити необхідний коефіцієнт передачі  $K_n$  і усунути пряме проходження сигналів  $U_x$  і  $U_y$ . Крім цього, вводиться регулювання зміщення нульового рівня.

$$U_{\text{вих}} = U_x U_y / 10 \quad (3.10)$$

тобто  $K_n = 0,1 \text{ В}^{-1}$ .

Таблиця 3.1 – Основні параметри мікросхем балансних модуляторів [19]

Параметр	Тип мікросхеми			
	K174ПС1	K174ПС4	K526ПС1	K140МА1
Смуга робочих частот, МГц	200,0	1000,0	80	2
Вхідний сигнал, мВ	100,0	25,0	100	100
Крутизна перетворення, мА/В (Коефіцієнт передачі, дБ)	4,5	4,5	(14)	(10)

У більшості випадків масштабуючий коефіцієнт перемножувача вибирають таким, щоб виконувалася співвідношення модуляторів, використовуваних у різних електронних схемах: селекторах каналів, радіоприймачах, розділювачах частоти модуляторів, використовуваних в різних електронних схемах: селекторах каналів, радіоприймачах, дільниках і множувачах частоти, частотних і фазових детекторах. Система позначень допускає використовувати для таких мікросхем два варіанти позначення: група МА - модулятори амплітудні і група ПС - перемножувачі і перетворювачі частоти.

Перемножувачі середньої точності зазвичай містять вхідний логарифматор, що дозволяє збільшити вхідний сигнал до 10В. Вихідний операційний підсилювач і навантажувальні резистори в таких перемножувач не входять до складу мікросхеми. Похибка перемноження таких перемножувачів більше 1%.

Перемножувач високої точності мають у своєму складі всі елементи для побудови схеми перемноження: вхідний логарифматор, вихідний операційний підсилювач і стабілізатор напруги живлення окремих вузлів мікросхеми. Навантажувальні резистори і резистори зворотного зв'язку операційних підсилювачів в таких перемножувач виробляються з високою точністю за допомогою лазерної підгонки.

Входи високоточних перемножувача можуть бути симетричними (диференціальними) або несиметричними. Похибка перемноження в таких мікросхемах зазвичай не перевищує 1%.

У табл. 3.2 наведені основні параметри перемножувача середньої і високої точності.

Таблиця 3.2 – Основні параметри мікросхем перемножувачів напруг

Параметр	Тип мікросхеми			
	K252ПС1 (МС1495)	K252ПС2	K525ПС3	МС1494 (Motorola)
Похибка перемноження, %	±2,0	±1,0	±0,5	±0,5
Напруга зміщення, мВ	50,0	80,0	30,0	200,0
Вхідний струм, мкА	8,0	2,0	2,0	1,0
Максимальна вхідна напруга, В	±12,0	±10,0	±10,0	±10,0
Полоса пропускання при малому сигналі, МГц	1,5	1,0	1,0	1,0

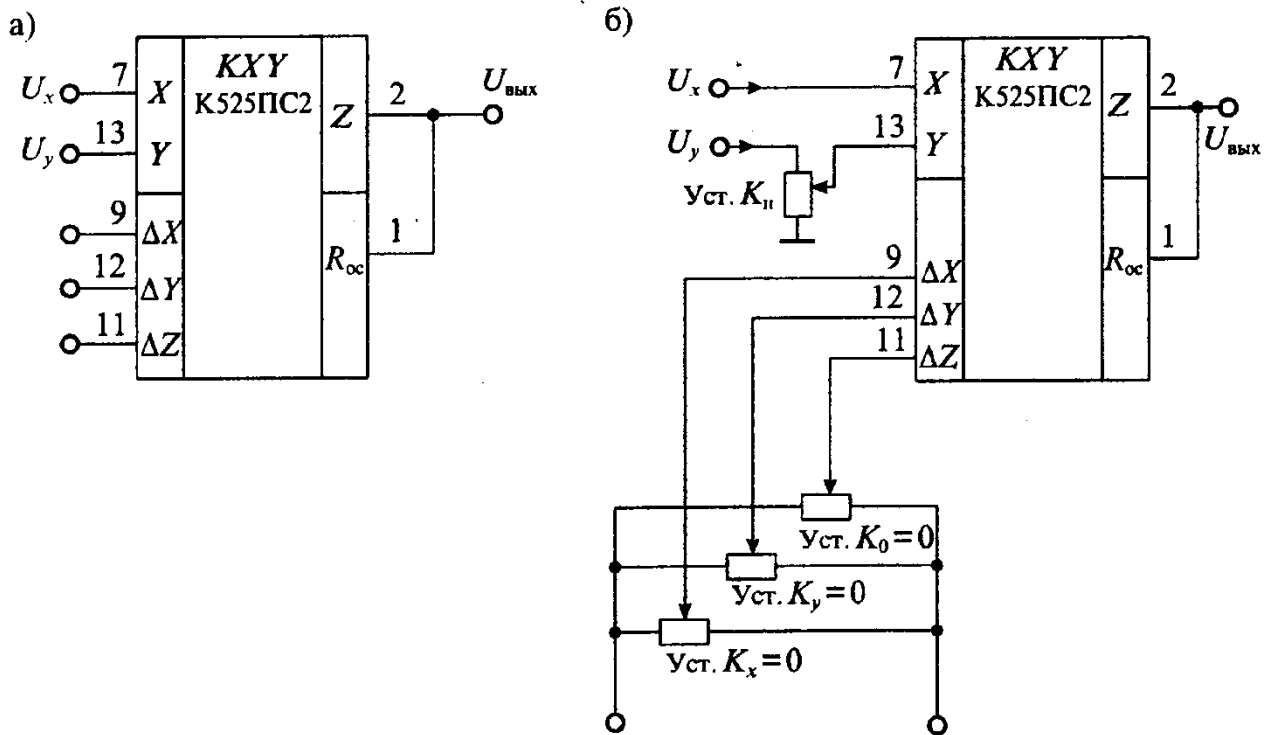


Рис. 3.6 – Умовне позначення перемножувача напруг (а) та його типова схема включення (б)

Номінальні значення масштабного коефіцієнта  $K_n = 0,1$  для всіх мікросхем, наведених у табл. 10.2. Вхідний опір на низькій частоті більше 10 МОм. Перемножувач K525PC2 має симетричні входи для сигналів  $U_x$  і  $U_y$ . Якщо вхідні сигнали несиметричні, то інші виводи входів використовують для коригування напруги зміщення нульового рівня по кожному з входів. Вихідний ОУ також має вивід для подачі напруги коригування нульового рівня (напруги зсуву). У середині мікросхеми є резистор зворотного зв'язку ОП, один вивід якого при значенні  $K_n = 0,1$  потрібно підключити до виходу ОУ (вивід 2). При необхідності змінити масштабуючий коефіцієнт послідовно з цим резистором можна включити додатковий зовнішній опір.

Мікросхема перемножувача середньої точності K525PC1 не містить внутрішнього ОУ і навантажувальних резисторів. Тому при її використанні ці елементи підключають додатково. Крім того, до складу мікросхеми не належать опори  $R_x$  і  $R_y$ , нормуючі передачі по каналах  $U_x$  і  $U_y$ . Ці опори також підключаються до виводів мікросхеми ззовні. Графіки передавальних характеристик перемножувача K525PC1 і K525PC2 наведено на рис. 3. Зважаючи

на малі похибки нелінійності (близько 1%) на передавальних характеристиках відхилення від лінійної залежності непомітні.

Застосування перемножувача. Як вже зазначалося, мікросхеми перемножувача знаходять застосування в різних електронних пристроях. Крім цього, вони є складовою частиною багатьох спеціалізованих мікросхем та вузлів. Таке широке застосування ІМС перемножувача зумовлено насамперед тим, що нелінійна операція перемноження призводить до зміни спектру вихідного сигналу. Так, наприклад, якщо обидва сигнали  $U_x$  і  $U_y$ , гармонійні, але з різною частотою  $\omega_x$  і  $\omega_y$ , то (3.4).

$$U_x = U_{mx} \cdot \cos(\omega_x t), \quad U_y = U_{my} \cdot \cos(\omega_y t). \quad (3.11)$$

У результаті перемноження цих сигналів на виході перемножувача утворюються два сигнали, один з яких має сумарну, а інший – від'ємну частоту (3.5)

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{K_p}{2} U_{mx} U_{my} [\cos(\omega_x - \omega_y) + \cos(\omega_x + \omega_y)]. \quad (3.12)$$

Фільтри низьких частот. Якщо об'єднати схему інвертуючого підсилювача зі схемою інтегратора, утворюється схема фільтра нижніх частот першого порядку, яка показана на рис. 3.7.

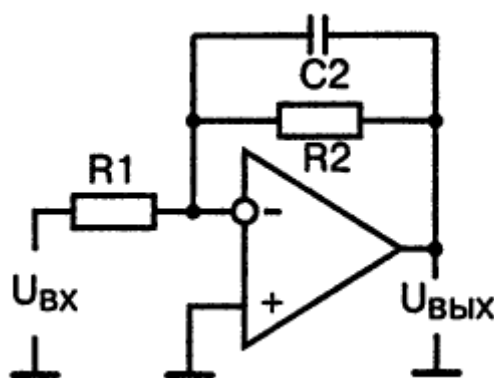


Рис. 3.7 – Схема активного фільтра нижніх частот першого порядку

Такий фільтр являє собою інвертуючий підсилювач, маючий постійний коефіцієнт посилення в смузі прозорості від постійного струму до граничної частоти  $f_0$ . Видно, що в межах смуги прозорості, поки ємнісний опір конденсатора

досить великий, коефіцієнт підсилення схеми збігається з коефіцієнтом посилення інвертуючого підсилювача:

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = -\frac{R_2}{R_1}, \quad (3.13)$$

Гранична частота цього фільтру визначається елементами ланцюгу зворотнього зв'язку у відповідності з виразом

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad (3.14)$$

Амплітудно-частотна характеристика - залежність амплітуди сигналу на виході пристрою від частоти при постійній амплітуді на вході цього пристрою - представлена на рис. 3.8

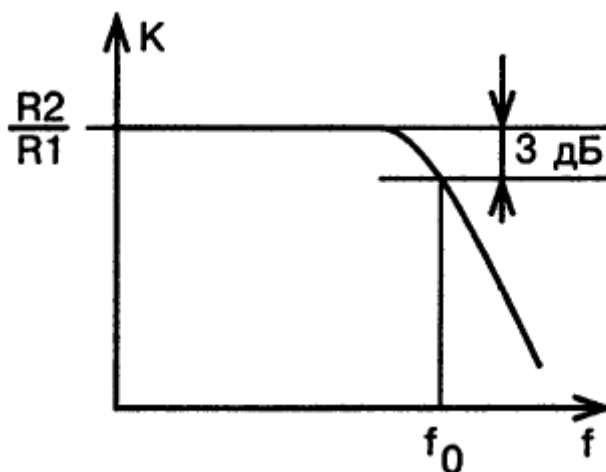


Рис. 3.8 – Амплітудно-частотна характеристика фільтру нижніх частот першого порядку

У смузі загасання вище граничної частоти  $f_0$  посилення зменшується з інтенсивністю 20 дБ/декада (або 6 дБ/октава), що означає зменшення коефіцієнта посилення по напрузі в 10 разів при збільшенні частоти також в 10 разів, або зменшення коефіцієнта посилення у два рази при кожному подвоєнні частоти.

Якщо такої крутизни нахилу амплітудно-частотної характеристики в смузі загасання недостатньо, можна використовувати фільтр нижніх частот другого порядку, схема якого показана на рис. 3.9.

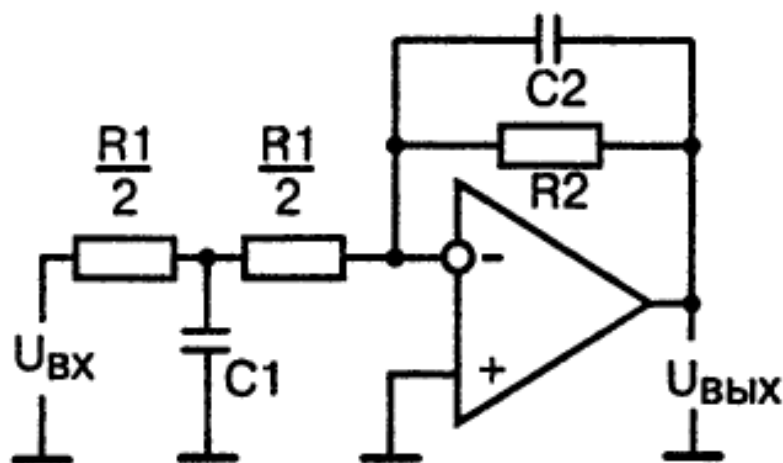


Рис 3.9 – Принципова схема активного фільтра нижніх частот другого порядку

Коефіцієнт посилення фільтра нижніх частот другого порядку такий же, як у фільтра першого порядку, в зв'язку з тим що сумарний опір резисторів в ланцюзі інверсного входу, як і раніше, виражається значенням  $R_1$ :

$$K = -\frac{R_2}{R_1}. \quad (3.15)$$

Гранична частота при виконанні умови  $R_1 C_1 = 4R_2 C_2$  також виражається попередньою формулою:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad (3.16)$$

Що стосується амплітудно-частотної характеристики цього фільтра, представлена на рис. 3.10, то вона відрізняється підвищеною крутизною нахилу, яка становить 12 дБ /октава.

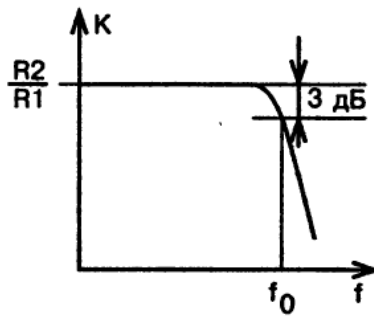


Рис. 3.10 – Амплітудно-частотна характеристика фільтра нижніх частот другого порядку

Таким чином, у смузі загасання при збільшенні частоти вдвічі напруга сигналу на виході фільтра зменшується в чотири рази.

Технічні характеристики аналогового компаратора MAX962:

- Сдвоєний швидкісний компаратор
- Час затримки поширення не більше 7 нс
- Робота від одного джерела живлення +3 або +5 В
- TTL/КМОП сумісний вихід
- Зміщення нуля не більше 1,5 мВ
- Диференційний вхідний опір 8 кОм
- Внутрішній гістерезис для переключення
- Діапазон вхідних напруг напружений – у межах живлячих напруг.
- Потужність споживання 80 мВт
- Випускається в 8-вивідних SOIC і мікро MAX корпусах

Області застосування:

- Порогові детектори/дискримінатори
- Приймачі ліній передачі даних
- Нуль-детектори
- Високошвидкісні АЦП
- Високошвидкісні схеми вибірки

Призначення виводів:

- IN+ - неінвертуючий вхід
- IN- - інвертуючий вхід
- VCC - позитивна напруга живлення

- Q - вивід
- GND - загальний

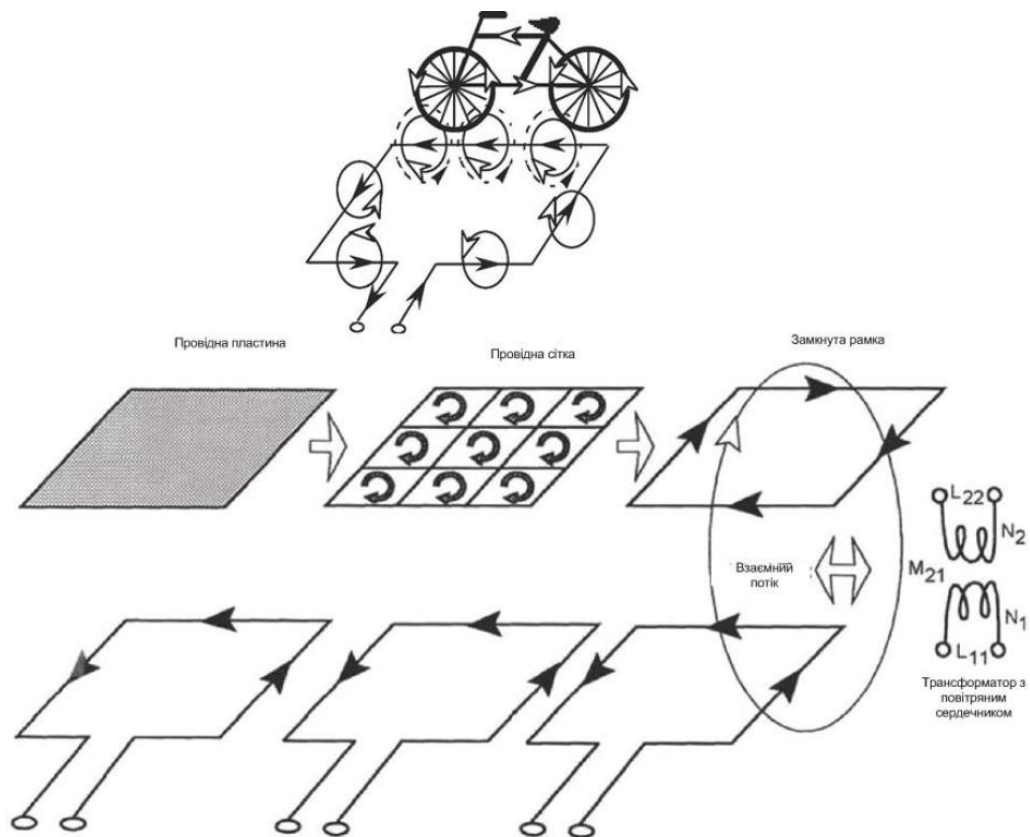


Рис.3.11 – Індивідуальний датчик наявності автотранспорту на переїзді

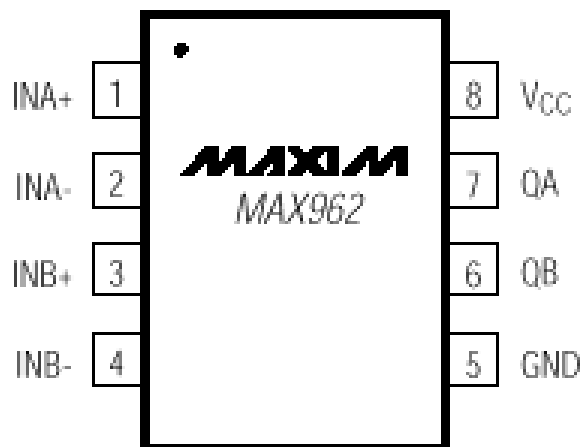


Рис. 3.12 – Аналоговий компаратор MAX962

### 3.7 Система підвищення безпеки на залізничних переїздах шляхом контролю за рейковими та автодорожніми транспортними засобами

Функціональна схема комплексної системи підвищення безпеки на залізничних переїздах складається із наступних підсистем (рис. 3.13):

- ПВНС – визначення напруги і струму на початку рейкової лінії вимірювальної ділянки;
- ПКНАЗ – контролю за наявністю автодорожніх транспортних засобів у межах переїзду;
- ПОУ – проведення обчислень та управління автоматичною переїзною сигналізацією (АПС) і роботою сигнальної установки (СУ) ділянки наближення до залізничного переїзду.

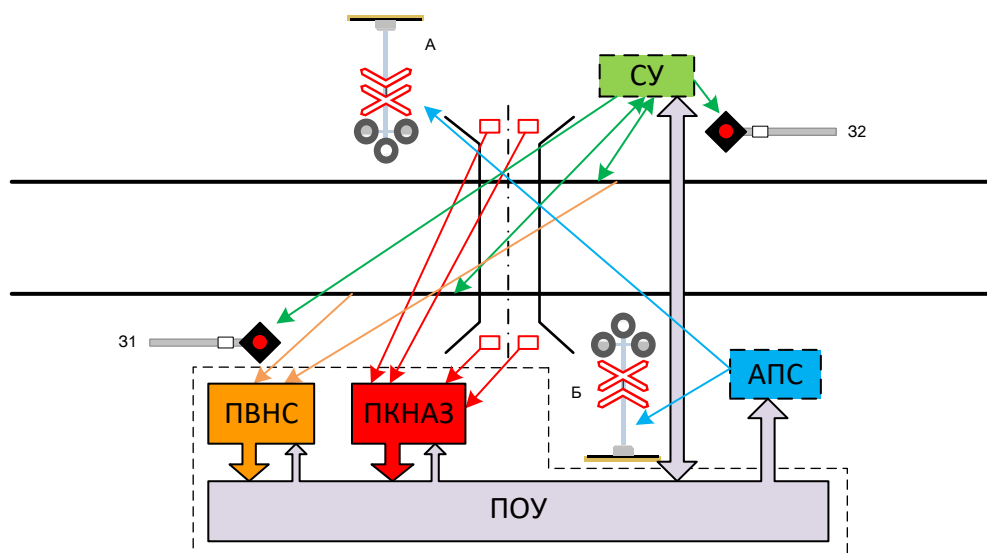


Рис. 3.13 – Функціональна схема комплексної системи підвищення безпеки на залізничних переїздах

Робота системи базується на вимірюванні значень напруг і струмів на початку рейкової лінії вимірювальної ділянки у визначені моменти часу підсистемою ПВНС, контролю за наявністю у межах залізничного переїзду автодорожніх транспортних засобів підсистемою ПКНАЗ та обробкою отриманої інформації від зазначених підсистем і видачі відповідних рішень (команд) підсистемою ПОУ. Крім цього, підсистема ПОУ зберігає всю необхідну інформацію та здійснює управління роботою підсистем ПВНС та ПКНАЗ.

Оскільки підсистема проведення обчислень та управління автоматичною переїзною сигналізацією і роботою сигнальної установки ділянки наближення до

залізничного переїзду повинна реалізовувати виконання математичних операцій з визначення вхідного імпедансу, координати, швидкості та прискорення поїзда, пам'ятати усі дані та проміжні результати, здійснювати управління іншими підсистемами, вона повинна бути виконана на базі мікропроцесора.

Однак, при побудові такої системи на базі мікропроцесорного пристрою проблему становить організація узгодження мікроелектронної апаратури з датчиками первинної інформації – рейковою лінією та індуктивними датчиками контролю за автодорожніми транспортними засобами. Для цього необхідно забезпечити часове та енергетичне узгодження, мінімальну допустиму ймовірність виникнення хибного сигналу, мінімальну чутливість до електромагнітних завад і впливів, стабільність параметрів. Схемні рішення пристроїв узгодження не повинні мати небезпечних відмов.

Даний мікропроцесорний пристрій, із урахуванням особливих умов функціонування та експлуатації повинен забезпечувати:

- високу надійність та безпеку;
- прискорену реакцію на поїзний шунт;
- відносну незалежність та живучість;
- єдність технічної бази;
- спрощення контролю та само діагностування;
- простоту узгодження;
- можливість введення в експлуатацію частинами, а також повинен

задовольняти вимогам щодо гнучкості, надійності, живучості та економічності.

Розширення функціональних можливостей засобів залізничної автоматики, шляхом неперервного контролю наявних автотранспортних засобів у межах залізничного переїзду дає змогу завчасно попередити машиніста поїзда, який наближується до залізничного переїзду, про потребу у застосуванні спеціальних заходів щодо зниження швидкості руху чи повної зупинки.

У результаті проведених досліджень вимірювання індуктивностей петель прямокутної та квадрупольної форми та визначення їх чутливості можна стверджувати, що:

- найбільша чутливість усіх петель до наявності автомобіля на частотах у межах від 7,5 до 35 кГц (> 10%) (максимум – на частоті 20 кГц);

- чутливість петель квадрупольної форми більша за чутливість петель у формі прямокутника;
- чутливість петель на частотах понад 90 кГц різко знижується;
- для точнішого визначення величини індуктивності петлі необхідно вмикати послідовно із нею опір із номіналом у межах від 10 до 50 Ом.

### **3.8 Висновки до третього розділу**

Провівши в даному розділі аналіз існуючих систем автоматичного контролю наявності автотранспорту в зоні переїзду можна зробити висновок що використання індукційних шлейфів дасть найкращий результат по контролю наявності автотранспорту в забороненій зоні при закритому переїзді. Для ще кращих результатів крім індуктивних датчиків можна паралельно використовувати СВЧ датчики, відео та фото фіксацію і т.д. Крім цього в розділі розроблена структура комплексної системи контролю стану переїзду, де підсистеми контролю автотранспорту використовується в якості одного з вузлів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В результаті виконання даної дипломної роботи були отримані наступні результати.

1. В результаті проведеного аналізу статистичних даних роботи залізничних переїздів за певний період часу, було зроблено висновок що аварійність в зоні переїзду не зважаючи на покращення систем автоматичної переїзної сигналізації (тональні рейкові кола на переїзді, бар'єрні огорожувальні пристрої і т.д.) не зменшується. Причиною цього є підвищення кількості автотранспорту який проїжджає через переїзд та нехтування водіями правил дорожнього руху. Як на охороняємих так і на не охороняємих переїздах відсутні засоби контролю наявності автомобільного транспорту і необхідна їх розробка.

2. Проведено аналіз існуючих датчиків контролю автотранспорту таких як система контролю фірми Мермес, система PAI PL Level Crossing Obstacle Detector та ін. В результаті чого прийняте рішення про використання індуктивної петлі в якості датчика, так як це дає кращі результати по надійності роботи та достовірності отриманих даних.

3. Виконана розробка структурної схеми контролю як залізничного так і автотранспорту в зоні переїзду, проведена розробка принципової схеми контролю автотранспорту в зоні переїзду та розглянуті питання можливості передачі сповіщення на локомотив інформації про зайнятість переїзду автотранспортом.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України. – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2003.
2. Правила технічної експлуатації залізниць України, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996р. №411 зі змінами та доповненнями, Київ, 2003р., 133 с.
3. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України ЦШ/0030, затверджені наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 17.11.2003 № 288-Ц.
4. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України ЦШЕОТ-0018, затверджена наказом Міністра транспорту України № 492 від 12 жовтня 1999 р.
5. Типовые материалы для проектирования 410407-тмп. Схемы переездной сигнализации для переездов, расположенных на перегонах при любых средствах сигнализации и связи. Альбом 1 , альбом 2, 2006г.
6. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Системы интервального регулирования движения поездов. - М.: Транспорт, 1986. - 399 с., ил., табл. {УДК 656.2 К 14}
7. Дмитриев В. С., Воронин В. А. Рельсовые цепи тональной частоты //Автоматика, телемеханика и связь. - 1996. - №5.
8. Дмитриев В. С., Лучинин В. С. Особенности расчёта и регулировки рельсовых цепей тональной частоты //Автоматика, связь, информатика. - 1998. - №8.
9. Дмитриев В. С., Минин В. А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. - М.: Транспорт, 1992.
10. Комплекс контроля железнодорожных переездов фирмы «ТВЕМА» [http://tvema.com.ua/ua/productList\\_2222.html](http://tvema.com.ua/ua/productList_2222.html).

11. Дмитриев В. С., Минин В. А. Новые системы автоблокировки. - М.: Транспорт, 1981. - 247 с.
12. Дмитриев В. С., Минин В. А. Совершенствование систем автоблокировки. - М.: Транспорт, 1987. - 143 с. {УДК 656.25 Д 53}
13. Казаков А. А., Казаков Е. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1980. - 360 с. {УДК 656.25 К 14}
14. Кокурин И. М., Кондратенко Л. Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. - М.: Транспорт, 1980. - 168 с. {УДК 656.25 К 60}
15. Котляренко Н. Ф., Шишляков А. В., Соболев Ю. В., Скрывин И. З., Шишляков В. А. Путевая блокировка и авторегулировка. Под ред. Н. Ф. Котляренко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1983. {УДК 656.25 П 90}
16. Кравцов Ю. А., Нестеров В. Л., Лекута Г. Ф. и др. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики. Под ред. Ю. А. Кравцова. - М.: Транспорт, 1996. - 400 с.
17. Кулик П. Д., Ивакин Н. С., Удовиков А. А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надёжности. - К.: Изд. дом "Мануфактура", 2004. - 288 с. - Ил. 57. {УДК 656.25 К 90}
18. Аркатов В. С., Котляренко Н. Ф., Баженов А. И., Лебедева Т. Л. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник. Под редакцией В. С. Аркатова. - М.: Транспорт, 1982. - 360 с. {УДК 656.25 (035) Р 36}
19. Якубовский С. В. Цифрові й аналогові мікросхеми. Довідник. М.: Радіо й зв'язок, 1990. - 496 с.

. Путевая блокировка и авторегулировка / Котляренко Н.Ф., Шишляков А.В., Соболев Ю.В., Скрыпник И.З., Шишляков В.А. / Под ред. Н.Ф. Котляренко. - М.: Транспорт, 1983. - 408 с.

9. Трепшин В.Ф., Быстрый Ю.А. Система "Контроль" // Автоматика, телемеханика и связь. - 1988. - №3. - С.22-25.

10. Трепшин В.Ф., Быстрый Ю.А., Хохряков Г.В. Система "Контроль". Технические решения // Автоматика, телемеханика и связь. - 1988. - №10. - С.26-31.

11. Аппаратура "Контроль". Техническое описание и инструкция по эксплуатации: 8402 ТО: М-ва путей сообщения СССР. - М., 1988. - 120 с.
12. Методика выполнения измерений параметров кодов АЛСН в вагонелaborатории Приднепровской ж.д. : Утв. Службой сигнализации и связи Приднепровской ж.д. 08.05.2003. - Днепропетровск, 2003. - 27 с.
13. Лукоянов С.В. Системе МИКАР : технические средства и методы измерения // Автоматика, связь, информатика. - 2004. - №2. - С.33 - 36.
14. Дмитренко И.Е., Алексеев В.М., Талалаев В.И., Ферюкин Н.В. Автоматизированная система измерения и контроля параметров аппаратуры СЦБ "ТЕСТ" // Автоматика, связь, информатика. - 2000. - №3. - С.2-4.
15. Володарский В.А., Куликов И.И. Возможности повышения качества анализа сбоев АЛСН // Автоматика, связь, информатика. - 2003. - №10. - С.28 - 29.
16. Шаманов В.И., Косякин В.В., Березовский Г.С., Пультяков А.В. Обеспечение надежности токопроводящих элементов рельсовой линии при электротяге переменного тока // Автоматика связь, информатика. – 2002. - № 12. – С. 28 - 32.
17. Володарский В.А., Куликов И.И. Применение прибора УПН-АЛС/03 для измерения параметров кодов АЛСН // Автоматика, связь, информатика. –
18. Гофман И.Я., Белинский П.Н. Измеритель временных параметров кодов АЛСН в рельсовых цепях // Автоматика, телемеханика и связь. - 1981. - №7. - С.21-24.
19. Логинов С. Н., Брунштейн В.А. Измеритель временных параметров кодовых сигналов // Автоматика, телемеханика и связь. - 1997. - №1. - С.32. 20. Скрипник И.Н. Измерение параметров кодов АЛСН на перегоне//Автоматика, связь, информатика. - 2002. - №8. - С.47.
21. Мартынчук П. П. О расхождении показан при измерении в рельсовых цепях // Автоматика, связь, информатика. - 2000. - №2. - С.24-25.
22. Перникис В.Д., Ягудин Р.Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. - М.: Транспорт, 1984. - 240 с.
23. Sentarius P., Vasenka P. Frequency characteristics of electricity supply net work impedance // International Wroclaw Symposium on electromagnetic compatibility. EMC - 88. - Wroclaw (Poland) .- 1988. - P.743-748.

24. Соболев Ю.В. Путевые преобразователи автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта. - Харьков:ХФИ "Транспорт Украины", 1999. - 200 с.

25. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник/ В.С. Аркатов, Н.Ф. Котляренко, А.И. Баженов, Т.Л. Лебедева/ Под ред. В.С. Аркатова. - М.: Транспорт, 1982. - 360 с.

26. Резников М.С., Табунщиков А.К., Барышев Ю.А., Крылов А.Ю. Определение сигнальных токов маневровой локомотивной сигнализации в рельсовых нитях // Совершенствование автоматизации управления движением поездов. - Москва: МИИТ. - 1984. - №741. - С. 45-50.

27. Бардина Г.Д., Беленький Н.М., Кем Д.В., Мейстрик Р.К. О методике оценки качества рельсовых цепей, подверженным опасным влияниям // Исследование эксплуатационной надежности устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. Сборник научных трудов. - Ташкент. - 1983. - С.55-58.

28. Поздеев М.Я, Трепшин В.Ф. Некоторые вопросы автоматизации измерений параметров рельсовой линии и канала АЛС // Труды ЦНИИ МПС. - 1974. - вып. 350. - С.4 - 10.

29. Соколов В.И. Цифровой измеритель параметров рельсовых цепей // Автоматика, связь, информатика. - 2002. - № 12. - С. 6 - 8.