Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Факультет Інформаційно-керуючі системи та технології
(повна назва)

Кафедра Спеціалізовані комп'ютерні системи
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (ПРОЕКТ)
Пояснювальна записка

БАКАЛАВР
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

ДП СКС ПЗ
(позначення документа)

Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності

Розробив студент IV курсу, групи 108-СКС-Д22, F7 – комп'ютерна інженерія
(роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)

_____ Всеволод ЯРАНЦЕВ

«15» червня 2026 р.

Керівник д-р техн. наук, професор
_____ Сергій ДОЦЕНКО

«15» червня 2026 р.

Рецензент К. Трубчанінова
(прізвище, ініціали)

2026

1

Українська державний університет залізничного транспорту

Факультет Інформаційно-керуючі системи та технології
Кафедра « Спеціалізовані комп'ютерні системи»
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)
Спеціальність: F7 – Комп'ютерна інженерія
Освітня програма: «Спеціалізовані комп'ютерні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, професор, д. т. н,

Валентин МОЙСЕЄНКО

«11» червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Яранцева Всеволода Олександровича

1. Тема «Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності»

керівник кваліфікаційної роботи Доценко Сергій Ілліч, д-р. техн. наук, професор

затверджені наказом УкрДУЗТ від "18" 05 2026 року № 9

2. Строк подання студентом проекту (роботи) "23" 06 2026 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Дистанція сигналізації та зв'язку: кількість цехів – 16, кількість АРМ персоналу – 6, характеристика пристроїв СЦБ (на станціях – системи ЕЦ – БМРЦ, ЕЦ-1283, ЕЦ-9; на перегонах – АБ, НАБ; пристрої переїзної сигналізації, пристрої ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б, радіозв'язок)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

1 Характеристика структури дистанції та технічних засобів автоматики телемеханіки і зв'язку

2 Аналіз стану безпеки руху.

3 Розробка структурної схеми системи контролю стану безпеки руху

4 Розробка схемних рішень знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ

5 Розроблення моделі аварійної ситуації

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу 10 комп'ютерних екранних форм презентаційного матеріалу, що відображують основні частини пояснювальної записки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання "30" березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	1 Характеристика структури дистанції та технічних засобів автоматики телемеханіки і зв'язку	15.04.2026	
2	2 Аналіз стану безпеки руху	30.04.2026	
3	3 Розробка структурної схеми програмно-апаратного комплексу АРМ інженера групи надійності	15.05.2026	
4	4 Розробка схемних рішень знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ	30.05.2026	
5	5 Розроблення моделі аварійної ситуації	05.06.2026	
6	6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.06.2026	

Здобувач _____ Яранцев В.О.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Доценко С.І.

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку обсягом 98 аркушів формату А4, 26 рисунків, 5 таблиць та 25 літературних джерел.

Ключові слова: ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС, АВТОМАТИЗОВАНЕ РОБОЧЕ МІСЦЕ, ДИСТАНЦІЯ ЗАЛІЗНИЦІ, ВІДМОВА, НАДІЙНІСТЬ, ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА

У кваліфікаційній роботі було розроблено програмно-апаратний комплекс АРМ інженера групи надійності дистанції сигналізації та зв'язку. Розроблена структурна схема програмно-апаратного комплексу АРМ інженера групи надійності. Визначено основні задачі, що вирішуються цією системою.

Проаналізовано стан безпеки руху поїздів в господарстві сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці по всім дистанціям сигналізації та зв'язку. Було виявлено об'єкти залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку, відмови в роботі яких найбільше впливають на безпеку руху.

Було розроблено схемні рішення знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ та зв'язку. В даному розділі було розраховано функціональну безпечність системи.

В кваліфікаційній роботі розглянуто форму моделі механізму виникнення залізнично-транспортної пригоди. Головним питання було проаналізовано причини та наслідки порушень пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку.

ABSTRACT

This qualification work includes an explanatory note of 98 A4 sheets, 26 figures, 5 tables and 25 literary sources.

Keywords: SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX, AUTOMATED WORKPLACE, RAILWAY DISTANCE, FAILURE, RELIABILITY, RAILWAY TRANSPORT ADVENTURE

In the qualification work, the software and hardware complex of the ARM of the engineer of the reliability group of the signaling and communication distance was developed. The structural diagram of the software and hardware complex of the ARM of the engineer of the reliability group was developed. The main tasks solved by this system were determined.

The state of train traffic safety in the signaling and communication facility of the Prydniprovska Railway was analyzed along all signaling and communication distances. The objects of railway automation, telemechanics and communications were identified, the failures of which most affect traffic safety.

Schematic solutions for recording control information about the state of the SCB and communications devices were developed. In this section, the functional safety of the system was calculated.

The qualification work considered the form of the model of the mechanism of occurrence of a railway accident. The main issue was the analysis of the causes and consequences of violations of railway automation, telemechanics and communications devices.

Зміст

Вступ	7
1. Характеристика структури дистанції та технічних засобів автоматики, телемеханіки і зв'язку	9
1.1 Характеристика структури дистанції сигналізації та зв'язку	9
1.2 Характеристика технічних засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку	12
2. Аналіз стану безпеки руху	15
2.1 Стан безпеки руху у господарстві сигналізації та зв'язку	15
2.2 Характеристика показників надійності та безпечності роботи пристроїв ПОНАБ, ДИСК, АСДК, ПСГО, радіозв'язку, зв'язку	21
3 Розробка структурної схеми системи контролю стану безпеки руху	24
3.1 Характеристика системи інформаційного забезпечення групи надійності дистанції сигналізації та зв'язку	24
3.2 Структурна схема системи контролю стану безпеки руху	26
4 Розробка схемних рішень знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ	33
4.1 Розробка схем знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ	33
4.2 Розробка схем знімання контрольної інформації про стан системи БМРЦ	40
4.3 Розробка схеми штучного розмикання маршрутів	45
4.4 Висновки до розділу	50

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Яранцев В.О.		15.06			6	
Перевір.		Доценко С.І.		15.06				
Реценз.		.				УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Доценко С.І.		15.06				
Затверд.		Мойсеєнко В.І.						

5. Розроблення моделі аварійної ситуації 51
5.1 Форма узагальненої моделі механізму залізнично-транспортної пригоди 51
5.2 Аналіз причин та наслідків порушень 63
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях 73
6.1 Характеристика проектованого об'єкта 73
6.2 Аналіз потенційних небезпек 74
6.3 Заходи щодо створення безпечних умов праці 75
6.4 Розрахунок освітленості робочого місця інженера групи надійності 78
6.5 Розробка раціональної схеми рівномірного розміщення світильників 80
6.6 Цивільний захист 81
Висновки 83
Список використаних джерел 84
Додаток А Ілюстративний матеріал 88

Вступ

У ряді чинників, від яких залежить повноцінний розвиток економіки нашої держави, значну роль відіграє залізничний транспорт. Роль транспорту складається в тому, що він продовжує процес виробництва, забезпечує оптимальне розміщення продуктивних сил і раціональні економічні зв'язки.

Для реалізації викладених цілей необхідні технічні засоби залізничної автоматики і телемеханіки. Головна концепція їх використання - безпека руху поїздів, яка в цілому багато в чому залежить від безпеки пересувань по станції.

Для підвищення пропускної спроможності на станції та збереження високого ступеню безпеки необхідно впроваджувати новітні технології на всіх рівнях роботи залізничної станції.

Будь-яку систему централізації можна розділити на три рівні. Перший рівень - це рівень взаємодії системи з оператором, пульт-табло чи персональна електронно-обчислювальна машина. Другий рівень системи це безпосередньо схеми централізації, релейні, релейно-процесорні чи процесорні. Третій рівень це рівень зв'язку з напільним обладнанням.

На сьогоднішній день при проектуванні та створенні нових систем використовуються комп'ютерно-інтегровані технології, що сприяють введенню нових ліній з високою швидкістю руху поїздів та підвищеним рівнем безпеки руху. Мікропроцесорні системи знаходять все більш широке застосування в країнах Європи, Азії та Америки, в яких вже припинено проектування релейних систем.

Заміна всього обладнання станції не завжди є економічно вигідним планом, та в цих випадках є сенс часткового введення процесорних систем.

Введення нових систем потребує впровадження сучасних методів забезпечення показників надійності та безпечності. В господарстві сигналізації та зв'язку ці завдання вирішуються підрозділами надійності. Вони забезпечують знімання, обробку інформації про порушення й розробляють заходи по їх попередженню.

На цей час робота груп надійності дистанцій сигналізації та зв’язку відбувається на основі інформації, що збирається, обробляється та аналізується за допомогою персоналу. Такий підхід відповідає сучасним вимогам, бо в значній мірі залежить від, так званого, людського чинника. Тому розробка програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності на основі комп’ютерно-інтегрованих технологій забезпечить розширення функцій за рахунок архівації роботи пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки та зв’язку, діагностування їх стану та попередженню можливих порушень.

Вказані питання розглянуті в дипломному проекті, виконано технічно-економічне обґрунтування доцільності їх впровадження та розроблені заходи по охороні праці, при дотриманні яких робоче місце інженера групи надійності буде відповідати умовам оптимальності та допустимості.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) інженера групи надійності на основі мікропроцесорної техніки може повністю замінити релейний пульт-табло, та додати велику кількість додаткових функцій.

1 Характеристика структури дистанції та технічних засобів автоматики, телемеханіки і зв’язку

1.1 Характеристика структури дистанції сигналізації та зв’язку

Великий вплив пристроїв автоматики та зв’язку на безпеку руху поїздів вимагало створення в галузі спеціальної організаційної системи забезпечення та підвищення надійності техніки. Ця система об’єднує дії спеціальних підрозділів надійності на дорогах, працівників науково-дослідних та проектних інститутів, заводів та будівельних організацій. Для забезпечення експлуатаційної надійності на залізниці організовано два види підрозділів: група надійності при дорожній лабораторії служби та група надійності в дистанції [1].

Умовна дистанція сигналізації та зв’язку являється відокремленим структурним підрозділом державного підприємства «Придніпровська залізниця» Укрзалізниці. Дистанція має п’ять основних зон-ділянок обслуговування, які розташовано на п’яти основних напрямках: головний хід – Умовна станція 1 (вхідний сигнал «Ч» - 1220 км + 915 м включно) – Умовна станція 2 (вхідний сигнал «Н» - 1152 км + 049 м включно); східна ділянка –Умовна станція 3 – Умовна станція 4 виключно; західна ділянка – Умовна станція 3 – Умовна станція 5 включно; західна ділянка – Умовна станція 6 – вхідний сигнал «Н» Умовна станція 7 виключно; західна ділянка – Умовна станція 7 – Умовна станція 8.

Організаційна структура – це основа (статика) управління дистанцією. Динамікою управління являється щоденне оперативне керівництво її роботою. В дистанції воно включає в себе: загальне керівництво, керівництво експлуатацією пристроями автоматики та зв’язку, підготовку (забезпечення) роботи дільниць основного виробництва, техніко-економічне планування та керівництво освоюванням нової техніки [1].

Зобов’язання по керівництву дистанцією суворо розподілені та закріплені наказом по дистанції.

Найважливіша функція управління дистанцією – забезпечення безпеки руху поїздів. Надійна робота пристроїв автоматики, що досягається завдяки суворому дотриманню вимог до них та якісному обслуговуванню, гарантує безпеку руху в частині, що залежить від цих пристроїв. Але порушення встановленого порядку обслуговування пристроїв та правил виконання ремонтних робіт може стати причиною небезпечних наслідків. Тому найважливішою задачею керівництва дистанцією являється дієвий контроль за роботою технічного персоналу, дотриманням правил виконання робіт, які передбачені технологічним процесом обслуговування, шляхом регулярних перевірок та технічних ревізій. Загалом визначаються наступні групи об'єктів контролю: технічний стан пристроїв, технологічна дисципліна, стан робочих місць, кваліфікація персоналу, ведення технічної документації, техніка безпеки, виконання спеціальних завдань тощо [1].

Для визначення взаємозв'язку підрозділів виробництва, а також окремих виконавців між собою, чіткого розподілення відповідальності за окремі дільниці виробництва будується організаційна структура управління дистанцією.

Організаційна структура управління дистанцією будується по ієрархічному принципі. При цьому вертикальні зв'язки на організаційній схемі зображують лінії підпорядкування, а горизонтальні – зв'язки кооперації рівноправних органів. На рисунку 1.1 наведено структуру організації управління Умовна дистанція 1сигналізації та зв'язку (ШЧ-9).

Керівництво дистанцією здійснює начальник, його заступникам та головному інженеру підпорядковуються окремі дільниці, групи та виконавці. Начальники виробничих дільниць керують дільницями старших електромеханіків, а останні – бригадами та групами, що об'єднуються по територіально-виробничим ознакам та безпосередньо здійснюють процес технічного обслуговування. Загальне керівництво, а також контроль безпеки та фінансів здійснює начальник, керівництво основного виробництва - заступники начальника дистанції.

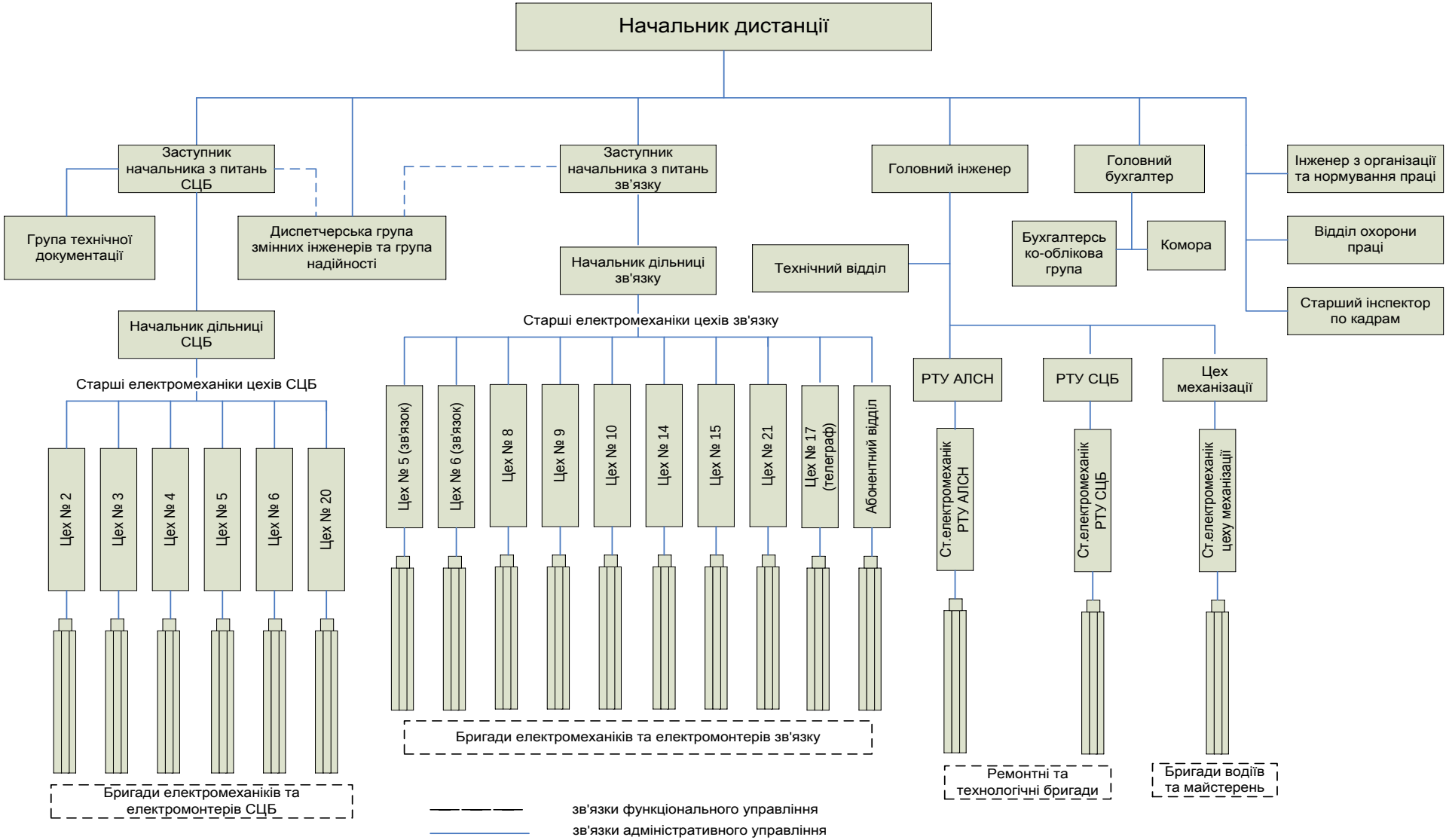


Рисунок 1.1 - Організаційна структура дистанції

Головному інженеру підпорядковуються всі підрозділи підготовки виробництва та освоювання нової техніки, а також технічно-економічна група. Спеціальні функції керівництва (бухгалтерський облік, фінансування, управління персоналом, діловодство) здійснюють головний бухгалтер дистанції, старший інспектор по кадрам. Оперативне управління експлуатацією здійснюють диспетчера.

Згідно наказу начальника дистанції «Про зони розподілу і обслуговування виробничих ділянок Умовної дистанції 1 сигналізації та зв'язку» для удосконалення методів керівництва дистанцією, забезпечення рівномірної загрузки та загальної продуктивності праці, виробничі цехи дистанції підпорядковуються наступним чином: головному інженеру – цехи №№ 10 (ОПС), 11, 12, 19 та технічний відділ; заступнику начальника дистанції з питань СЦБ – цехи №№ 2, 3, 4, 5 (СЦБ), 6 (СЦБ), 13 (СЦБ), 20, начальник дільниці СЦБ, диспетчерська група, група надійності; заступнику начальника дистанції з питань зв'язку – цехи №№ 5 (зв'язок), 6 (зв'язок), 8, 9, 10, 13 (зв'язок), 14, 15, 17, 21 та абонентний відділ; головному бухгалтеру – бухгалтерсько-облікова група, комора дистанції. Головний інженер, всі заступники дистанції, головний бухгалтер, інженер з організації та нормування праці, відділ охорони праці, старший інспектор по кадрам підпорядковуються особисто начальнику дистанції.

Найважливіша задача керівника – організація та удосконалення організаційної структури підприємства. Із зростанням оснащеності, зміною виробничої структури, при змінах зовнішнього середовища необхідно змінювати і організаційну структуру дистанції, за для того, щоб забезпечити найбільш ефективне управління.

1.2 Характеристика технічних засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку

Засобами автоматизації управління процесом перевезень є пристрої автоблокування, автоматичної локомотивної сигналізації, диспетчерського

контролю, електричної та диспетчерської централізації, механізації сортувальних гірок, провідного зв'язку та радіозв'язку, автоматичного контролю технічного стану рухомого складу під час руху поїздів. Робота структурних підрозділів господарства сигналізації і зв'язку направлена на утримання, експлуатацію, удосконалення та ремонт пристроїв сигналізації, централізації та блокування, зв'язку, радіозв'язку, пасажирської автоматики та пристроїв виявлення перегрітих букс, забезпеченню безперебійного руху поїздів. До технічних засобів господарства сигналізації і зв'язку відносяться:

- пости електричної централізації (ЕЦ);
- перегони, обладнані автоблокуванням (АБ);
- перегони, обладнані напівавтоблокуванням (НАБ);
- сортувальні гірки з вагонними уповільнювачами;
- пристрої переїздної сигналізації;
- автоматичні телефонні станції (АТС);
- кабельні лінії зв'язку;
- волоконно – оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ);
- радіостанції;
- пристрої виявлення перегрітих букс.

Структурні підрозділи господарства сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці забезпечують безперервну та безперебійну роботу пристроїв електричної централізації, автоблокування, гірок, зв'язку та радіозв'язку на 261 станції залізниці на яких розташовано 268 постів електричної централізації.

Умовна дистанція 1 сигналізації та зв'язку розташована на головному ходу Придніпровської залізниці з найбільш насиченим рухом поїздів. Експлуатаційна довжина колій дистанції складає 262,1 км, з автоблокуванням - 159,1 км, в тому числі: одноколійне – 90,2 км, двоколійне – 68,9 км. З постійно діючим двостороннім автоблокуванням по кожній колії для регулювання руху поїздів обладнано 36,9 км, з замонтованими на постійно тимчасовими пристроями для двостороннього руху при капітальному ремонті однієї з колій – 10,3 км. Числовим кодовим автоблокуванням обладнано 121,2 км, з централізованим розміщенням

апаратури тональних рейкових кіл без прохідних світлофорів – 37.9 км. Напівавтоматичним блокування обладнано 103,0 км одноколійних колій, з них системи ГТСС – 100,6 км, системи КБЦШ – 2,4 км. Експлуатаційна довжина колії, що обладнана пристроями автоматичної локомотивної сигналізації складає 23,27 км. Диспетчерським контролем руху поїздів та контролем технічного стану пристроїв СЦБ у чергового по станції обладнано 147,4 км, у тому числі 29 переїздів та 227 сигнальних установок. Електричною централізацією обладнано 17 станцій, 2 блок-постів, загальна кількість централізованих стрілок 393 шт., стрілок з ключовою залежністю – 29 шт. Пристроями переїзної сигналізації обладнано 52 переїзди, з них з автошлагбаумами – 9 переїздів.

2 Аналіз стану безпеки руху

2.1 Стан безпеки руху у господарстві сигналізації та зв’язку

У 2021 року господарство сигналізації та зв’язку в цілому забезпечило стійку та безперебійну роботу Придніпровської залізниці. Випадків катастроф та аварій з вини дистанцій сигналізації та зв'язку не допущено [3].

При плановому завданні 14,0 показник якості технічного обслуговування пристроїв СЦБ та зв’язку за 12 місяців 2021 року склав 1,12 балів, що відповідає оцінці "відмінно". Така ж оцінка досягнута на всіх дистанціях, при цьому показник в балах по ШЧ-1 склав 0, ШЧ-2 – 0,6; ШЧ-3 – 0,2; ШЧ-4 – 3,52; ШЧ-5 – 2,77; ШЧ-6 – 1,3; ШЧ-7 – 0,9; ШЧ-8 – 1,1; ШЧ-9 – 0,5; ШЧ-10 – 0,44; ШЧ-11 – 1,44; ШЧ-12 – 0,46 [3].

За 12 місяців 2021 року загальна кількість випадків інцидентів і порушень в поїзній та маневровій роботі в господарстві сигналізації та зв’язку Придніпровської залізниці залишилась на минулому рівні, а саме: допущено 4 інциденти, 1 порушення проти 1 серйозного інциденту, 2 інциденти, 1 порушення, а також 1 інцидент з інших причин за аналогічний період 2020 року.

З вини експлуатаційного штату допущено 4 інциденти (ШЧ-4, 5, 8) і 1 порушення (ШЧ-5).

Через неякісне виконання робіт допущено наступні інциденти і порушення:

– 13.01.2021 о 02 год. 32 хв. на переїзді 180 км перегону Новомосковськ-Дніпровський – Самарівка допущено випадок, кваліфікований як порушення-відмова, в роботі пристроїв переїзної сигналізації більше 4 годин, з причини оплавлення монтажних проводів у релейній шафі внаслідок міжвиткового замикання обмоток трансформатора у випрямлячі СВ типу ВАК-13 через вихід з ладу випрямляючого пристрою типу ВАК-13 в релейній шафі № 2 переїзду. Поява

даного випадку стала можливою внаслідок незадовільного виконання працівниками ШЧ-5 вимог п. 6.1.3 Інструкції ЦШ-0060. Затримок поїздів за даним випадком не виникло.

– 26.01.2021 о 23 год. 06 хв. на пульті ДСП зеленим мигаючим вогнем горіла лампочка «ув'язки з одноколійним двобічним автоблокуванням (АБ)», не проходила зміна напрямку руху з непарного на парний на перегоні Миколаївка-Донецька – Богуславський. З 23 год. 32 хв. встановлений рух поїздів по телефонним засобам зв'язку. Відмова в роботі пристроїв сталася з причини обриву дроту «Н» на 86 км 6 пк біля сигнальної установки №16 у місці кінця скрутки фіксації проводу до ізолятору з причини фізичного старіння повітряної лінії АБ, а саме, значна корозія металу проводів Н, ОН, та несприятливі погодні умови (температура повітря – 25 C^0), що призвела до затримки поїздів на 1 годину і більше (затримано поїзди № 3002 на 3 год. 12 хв.; № 2802 на 2 год. 20 хв.; № 1902/1932 на 0 год. 47 хв.; № 3102 на 0 год. 18 хв.; № 2384 на 0 год. 25 хв.; № 3110 на 0 год. 39 хв.).

– 21.07.2021 о 15 год. 24 хв. на станції Апостолове стрілки непарної горловини втратили контроль положення з причини пошкодження з'єднувальної муфти стрілочного кабелю СБПУ 48х1 до муфти СТ-5 під час виконання колійних робіт машиною МКТ при капітальному ремонті 4 колії. Нормальну роботу пристроїв СЦБ відновлено о 20 год. 55 хв. В результаті даного інциденту допущено затримку поїздів на тривалий час.

– 25.07.2021 з 17 год. 00 хв. до 21 год. 45 хв. сигнальна установка № 7 Перегону 1 сигналізувала червоним вогнем, сигнальна установка №5 не сигналізувала через вихід з ладу трансмітера БКПТ-7 сигнальної установки № 5 Перегону 1 через закорочування полюсів живлення внаслідок наявності старого прогару ізоляційного матеріалу, внаслідок чого затримано поїзди № 2655 на 3 год. 05 хв., № 363 на 0 год. 44 хв., № 319 на 0 год. 47 хв., № 95 на 0 год. 47 хв., № 6135 на 0 год. 38 хв., № 37 на 0 год. 18 хв., № 2652 на 0 год. 39 хв., № 3195 на 0 год. 42

хв., № 2653 на 0 год. 35 хв., № 2645 на 0 год. 40 хв., № 2647 на 0 год. 55 хв., № 2643 на 0 год. 59 хв., № 2657 на 0 год. 54 хв., № 2659 на 0 год. 40 хв.

– 23.09.2021 о 10 год. 28 хв. По умовній станції 1 під час виконання маневрових пересувань стався схід з рейок мотовозу МПТ-6 № 300 однією колісною парою на стрілочному переводі № 14 з причини падіння першої ступені циліндрично-конічної передачі осьового редуктора другої по ходу руху колісної пари під праве колесо, що стало можливим через обрив упорної вилки кріплення корпусу першої ступені до осьового редуктора з послідуючим зривом шести болтів М18 кріплення даного редуктора до фланцю осьового редуктора (сходження рухомого складу залізничного транспорту під час виконання маневрів) [3].

За 12 місяців 2021 року кількість затриманих поїздів, віднесених за господарством сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці, збільшилась на 55,3% (205/132) у порівнянні з аналогічним періодом минулого року.

Кількість відмов пристроїв СЦБ та зв’язку, які викликали затримку поїздів за 2021 рік збільшилась на 13,1% і склала 69 відмов проти 61 відмови за аналогічний період минулого року (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика затримок поїздів через відмови пристроїв СЦБ зв’язку за 2021 рік.

Поїзди	Всього затримок		По пристроям СЦБ	По крадіжкам	По пристроям ПОНАБ, ДИСК
Пасажирських	2021	29 +15:30	24 + 13:16		5 + 2:14
	2020	24 + 11:54	23 + 11:42		1 + 0:12
Приміських	2021	22 +19:57	21 + 19:13		1 + 0:44
	2020	9 + 8:38	9 + 8:38		-
Вантажних	2021	154 + 100:29	129 + 84:18		25 + 16:11
	2020	99 + 66:34	77 + 54:39		22 + 11:55
Всього	2021	205 + 135:56	174 +116:47		31 + 19:09
	2020	132 + 87:06	109 + 74:59		23 + 12:07

Основні причини відмов пристроїв СЦБ та зв’язку, що призвели до затримки поїздів:

- неякісне виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв і приладів СЦБ – 34 відмови, або 49,3% від загальної кількості;

- відмови пристроїв ПОНАБ та вплив сонячної модуляції – 17 відмов, або 24,6% від загальної кількості;

- вплив грозових та комутаційних перенапруг – 8 відмов, або 11,6% від загальної кількості;

- вихід з ладу пристроїв та приладів із-за фізичного старіння – 3 відмови, або 4,3% від загальної кількості.

Таким чином головним фактором небезпечного впливу є неякісне виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв і приладів СЦБ.

2.1 Кількісна та якісна характеристика показників надійності та безпечності пристроїв СЦБ

За 12 місяців поточного року загальна кількість відмов пристроїв СЦБ на Придніпровській залізниці зменшилась в 1,26 рази (898 відмов проти 1132 відмов) у порівнянні з аналогічним періодом минулого року [3].

Кількість відмов пристроїв СЦБ, які віднесені за дистанціями сигналізації та зв’язку Придніпровської залізниці, зменшилась в 1,07 рази (336 відмов проти 358 відмов) у порівнянні з аналогічним періодом минулого року.

Розподіл відмов пристроїв СЦБ з вини дистанцій сигналізації та зв’язку Придніпровської залізниці в такому стані: ШЧ-2 – 15 відмов проти 9, ШЧ-3 – 21 відмова проти 30, ШЧ-4 – 48 відмов проти 46, ШЧ-5 – 57 відмов проти 43, ШЧ-6 – 57 відмов проти 39, ШЧ-7 – 17 відмов проти 41, ШЧ-8 – 10 відмов проти 12, ШЧ-9

– 8 відмов проти 9, ШЧ-10 – 10 відмов проти 10), ШЧ-11 – 63 відмов проти 89, ШЧ-12 – 30 відмов проти 30 (рисунок 2.1).

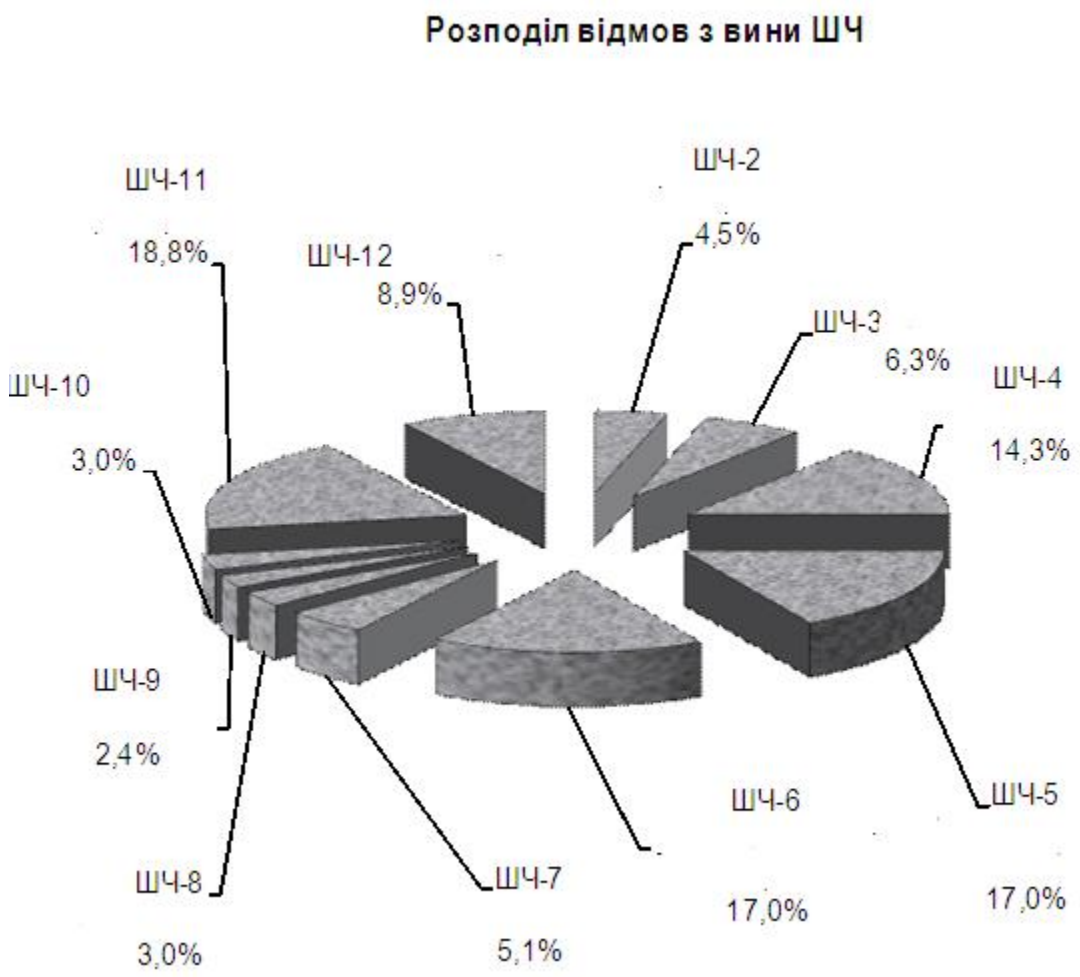


Рисунок 2.1 – Розподіл відмов з вини дистанцій сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці у 2021 році.

Розподіл відмов з вини дистанцій сигналізації та зв'язку по об'єктах залізничної автоматики та телемеханіки (ЗАТ) по Придніпровській залізниці у 2021 році розподілилися наступним чином (рисунок 2.2):

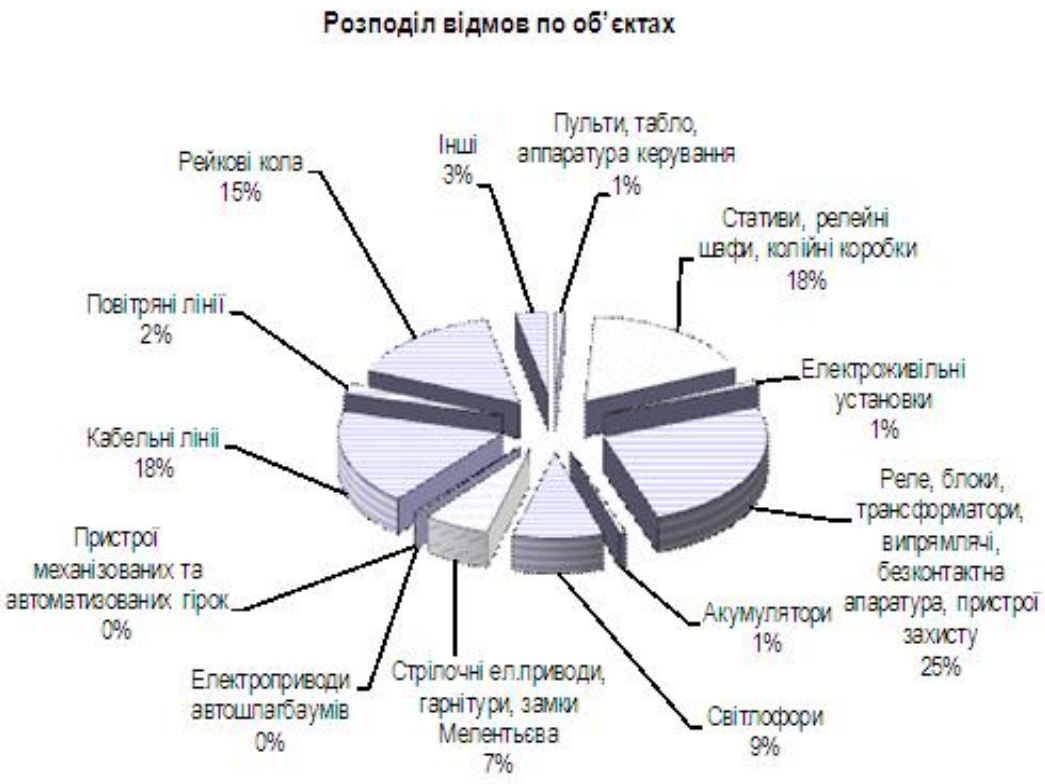


Рисунок 2.2 – Розподіл відмов по об’єктах залізничної автоматики та телемеханіки на Придніпровській залізниці за 2021 рік.

Отже, найбільший відсоток відмов пристроїв СЦБ дистанцій сигналізації та зв’язку по Придніпровській залізниці у 2021 році відмічається через відмови в роботі реле, блоків, трансформаторів, випрямлячів, безконтактної апаратури та пристроїв захисту.

Кількість відмов пристроїв СЦБ, які викликали затримку поїздів, у порівнянні з аналогічним періодом минулого року збільшилась на 19% – 50 проти 42 [3].

Загальна кількість відмов, які викликали перекриття світлофорів, збільшилась в 1,36 рази (34/25), в тому числі: з проїздом (1/0); без проїзду (33/25).

Загальна кількість випадків закриття основних засобів з вини дистанцій сигналізації та зв'язку збільшилась в 1,22 рази і склала 39 проти 32 за аналогічний період минулого року. Збільшення закриття основних засобів допустили ШЧ-3 (3/2), ШЧ-4 (6/4), ШЧ-7 (5/3), ШЧ-9 (5/1), ШЧ-12 (7/5), на інших дистанціях

випадків закриття основних засобів зменшилось або залишилось на минулому рівні.

Загальна кількість випадків приймання і відправлення поїздів за запрошувальними сигналами зменшилась в 1,1 рази (162/178). Збільшення допустили ШЧ-2 (8/7), ШЧ-4 (25/16), ШЧ-5 (17/15), ШЧ-6 (30/22).

Середній час відновлення відмов пристроїв СЦБ, віднесених за дистанціями сигналізації та зв'язку, збільшився і склав 1 год. 28 хв. проти 1 год. 20 хв. Найбільший середній час відновлення відмов по ШЧ-12 дистанції сигналізації та зв'язку – 1 год. 51 хв., а найменший середній час відновлення відмов – 1 год. 04 хв. у ШЧ-2 та ШЧ-3 дистанції сигналізації та зв'язку.

2.2 Характеристика показників надійності та безпечності роботи пристроїв ПОНАБ, ДИСК, АСДК , ПСГО, радіозв’язку, зв’язку

За показаннями приладів ПОНАБ, ДИСК, АСДК в рухомому складі за 12 місяців 2021 року на Придніпровській залізниці через нагрів у вагонах зупинено 3794 поїзди. Із них при огляді підтверджено нагрів у 3765 поїздах. Коефіцієнт виявлення при цьому становить 100%, коефіцієнт підтвердження 99,2%. За показаннями всіх приладів було відчеплено 38 вагонів [3].

За показаннями приладів ПОНАБ, ДИСК, АСДК в рухомому складі за 12 місяців 2020 року через нагрів букс було зупинено 4218 поїздів. Із них при огляді підтверджено нагрів у 4202 поїздах. Коефіцієнт виявлення при цьому становив 100%, коефіцієнт підтвердження 99,6%. За показаннями всіх приладів було відчеплено 34 вагони [3].

Зупинки по впливу сонячного випромінювання в 2021 році зменшено в порівнянні з 2020 роком з 181 до 141, час зупинок зменшено з 58,3 год до 43,9 год.

За 12 місяців 2021 року зафіксовано 9 випадків відмов в роботі приладів контролю тривалістю 11,8 год, з яких 7 відмов через пошкодження напільного устаткування, 1 відмова в роботі контролера перегінної стойки АСДК-Б, 1 відмова в зв'язку з відключенням електричної енергії. Середня тривалість усунення відмов склала 1,3 години.

За 12 місяців 2020 року зафіксовано 9 випадків відмов в роботі приладів контролю тривалістю – 25,2 годин. При цьому 6 випадків - пошкодження напільних пристроїв, 2 випадку – крадіжки кабелю, 1 випадок - відмова станційного обладнання. Середня тривалість усунення відмов складала 3,1 години.

Кількість затриманих поїздів за показниками ПОНАБ, ДИСК, АСДК збільшено: у 2021 – 31 поїзд (19,15 год), у 2020 - 23 (12,1 год). Через вплив сонячного випромінювання за 12 місяців зупинено 141 поїзд з яких 21 затримку поїздів віднесено за службою «Ш» (ця кількість поїздів входить до загальної кількості затриманих поїздів). Через відмови в роботі обладнання затримано 9 поїздів тривалістю 5,14 год.

По пристроям радіозв'язку за 12 місяців 2021 допущено 34 відмови тривалістю 20,5 годин, з них 25 відмов в роботі локомотивних радіостанцій, 4 відмови в роботі стаціонарних радіостанцій, 3 відмови пов'язані з крадіжками кабелів, 2 відмови в зв'язку з відсутністю електричної енергії. З вини ШЧ кількість відмов зменшено (в 2021 - 15 відмов тривалістю 9,2 год, в 2020 - 27 відмов тривалістю 19,3 год), збільшилась кількість відмов по ШЧ-11 (2 відмови в 2021 проти 1 в 2020).

За 12 місяців 2020 року допущено 41 відмову тривалістю 23,4 год, (з них 37 відмов в роботі локомотивних радіостанцій).

У роботі пристроїв станційного радіозв’язку та паркового гучномовного зв’язку за 12 місяців 2021 зафіксовано 1 відмову тривалістю 1,85 год в зв'язку з несприятливими погодними умовами (сильна гроза). В 2020р. зафіксовано 1 відмову в роботі пристроїв паркового гучномовного зв’язку тривалістю 1,7 год.

Станом на 01.01.2012 зони нестійкого радіозв’язку відсутні, всі переїзди приведені до вимог п.6.42 ПТЕ.

За 12 місяців 2021 року мали місце 39 перерв зв'язку з 12-ти пошкоджень. У порівнянні з відповідним періодом 2020 року (11 перерв з 6-ти пошкоджень) кількість перерв в роботі пристроїв зв'язку збільшилась в 3,5 рази [3].

На мережі Придніпровської залізниці в 2021 році у порівнянні з 2020 роком допущено 4/3 випадки відмов у роботі пристроїв зв’язку, що призвели до перерв трафіку транспортної мережі SDH, загальною тривалістю 8,97 проти 7,78 годин. Середня тривалість усунення цих відмов становила 2,24 проти 2,59 годин.

Відмови в роботі пристроїв транспортної мережі SDH, що призвели до перерв трафіку, розподілилися наступним чином:

- пошкодження волоконно-оптичного кабелю – 1 проти 0 випадків;
- відмови в роботі пристроїв електроживлення – 1 проти 0 випадків;
- пошкодження випрямлячів FMP-1648 – 0 проти 1;
- відмови в роботі у наслідок некваліфікованих дій – 2 проти 0 випадків;
- відмови в роботі пристроїв, причини яких не виявлено, пошкодження самоусунулося – 0 проти 2 випадків.

Таким чином, за 12 місяців 2021 року в порівнянні з аналогічним періодом 2020 року стан безпеки руху поїздів по господарству сигналізації та зв’язку Придніпровської залізниці було забезпечено на належному рівні.

3 Розробка структурної схеми системи контролю стану безпеки руху

3.1 Характеристика системи інформаційного забезпечення групи надійності дистанції сигналізації та зв'язку

Інженер групи надійності забезпечує контроль, діагностування та віддалений моніторинг технічного стану пристроїв ЗАТ, а також роботи по технічному обслуговуванню пристроїв ЗАТ та реалізацію функцій контролю за діями оперативного персоналу за допомогою оперативної інформації, отриманої від старших електромеханіків виробничих цехів дистанції сигналізації та зв'язку. Також до завдань групи надійності входять наступні функції:

- систематизація і представлення зібраної інформації від цехів даних у вигляді таблиць упорядкованих списків, на підставі яких разом із заступником начальника дистанції проводить аналіз відмов;
- розробка організаційно-технічних заходів щодо запобігання відмов у роботі пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку та здійснення контролю їх виконання;
- ведення обліку та звітності щодо стану безпеки руху, тощо.

Інформаційне забезпечення групи надійності відбувається шляхом збору необхідної оперативної інформації за допомогою телефонного зв'язку, службового зв'язку електромеханіків (ЗЕМ), особистих доповідей старших електромеханіків.

Вся оперативна інформація, яка надходить від цехів до групи надійності дистанції відображається та фіксується наступним чином.

Облік відмов пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку виконується за видами пристроїв в окремих журналах форми ШУ-78, з обов'язковим уточненням місця відмови (станція, перегін, стрілка, сигнал, сигнальна точка автоблокування, рейкове коло тощо), часу початку і кінця кожної відмови, опису її обставин, причин та причетних служб, кількості і часу затримки пасажирських, приміських і вантажних поїздів (у тому числі внаслідок відмов пристроїв зв'язку, радіозв'язку,

пристроїв автоматичного виявлення перегрітих букс тощо), а також заходів щодо попередження повторення відмов.

Для наочного контролю за роботою пристроїв АЛС при відсутності комп'ютерного програмного забезпечення з контролю і аналізу відмов пристроїв АЛС застосовуються екрани з планами всіх перегонів і станцій в межах дистанції в однонитковому зображені, на яких відмічаються одержані від чергових по залізничній станції або від локомотивного депо дані про допущені збої в роботі пристроїв АЛС на відповідних рейкових колах. Інформація про виключення локомотивних пристроїв АЛС під час руху через їх несправність і прямування поїзду за наказом поїзного диспетчера заноситься у журнал форми ШУ-78.

При відключенні під час руху поїзного радіозв'язку на локомотиві через несправність і прямуванні поїзда за наказом поїзного диспетчера заносяться дані про випадок у журнал форми ШУ-78.

В журналі форми ШУ-78 також ведеться облік всіх випадків відмов в роботі та виключень пристроїв автоматичного виявлення перегрітих букс, пропусків несправних вагонів, зупинок трьох поїздів підряд, в яких показання пристрою не підтвердилися з причини несправності апаратури, ліній зв'язку або засобів передачі.

Для контролю за наявністю АВЗ ведеться зведена відомість, в якій вказується місце зберігання та перелік складових частин запасу із зазначенням їх кількості та прізвищ осіб, які мають право доступу до нього.

В Журнал обліку дозволів на виконання робіт з виключенням пристроїв заносяться дані щодо всіх робіт, пов'язаних з виключенням пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку, які знаходяться в експлуатації на дистанції сигналізації та зв'язку незалежно від способу виключення.

Розглянемо приклад оформлення запису в Журнал обліку дозволів на виконання робіт з виключенням пристроїв СЦБ із експлуатації. Обов'язковими графами для заповнення є наступні:

- номер дозволу, прізвище та підпис особи, яка надає дозвіл;
- дата виконання робіт;

- місце виконання робіт;
- підстава для виключення пристроїв;
- характер робіт;
- виконавці робіт, з обов’язковим записом посади та прізвища;
- спосіб виключення;
- час початку робіт;
- включення;
- час закінчення робіт.

Реєстрація випадків розкрадання і навмисного пошкодження пристроїв і майна, що знаходиться на балансі дистанції, здійснюється із занесенням в журнал форми ШУ-78.

3.2 Структурна схема системи контролю стану безпеки руху

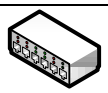
Програмно-апаратний комплекс автоматизованого робочого місця інженера групи надійності виконує функції обробки, збереження, формування, захисту інформації, підтримує людино-машинний інтерфейс, забезпечує зв’язок глобальними та локальними мережами.

До складу програмно-апаратного комплексу АРМ інженера групи надійності відносяться (таблиця 3.1):

- персональна електронна обчислювальна машина;
- маршрутизатор;
- сервер інженера групи надійності;
- сервер начальника дистанції сигналізації та зв’язку;
- сервер заступника начальника дистанції по питанням СЦБ;
- сервер заступника начальника дистанції по питанням зв’язку;
- сервер головного інженера дистанції сигналізації та зв’язку;
- сервер змінного інженера дистанції (диспетчера);

- концентратор Ethernet;
- робочі станції в цехах дистанції.

Таблиця 3.1 - Склад програмно-апаратного комплексу АРМ інженера групи надійності

		ПЄОМ	Персональна електронна обчислювальна машина
		R	Маршрутизатор
		S1-S6	S1 – сервер інженера групи надійності (ШЧГН) S2 – сервер начальника дистанції (ШЧ) S3 – сервер заступника начальника по питанням СЦБ (ШЧЗА) S4 – сервер заступника начальника з зв'язку (ШЧЗЗ) S5 – сервер головного інженера дистанції (ШЧГ) S6 – сервер змінного інженера дистанції (диспетчера) (ШЧД)
		K	Концентратор Ethernet
		RS	Робоча станція в цехах дистанції

Структурна схема програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності зображена на рисунку 3.1

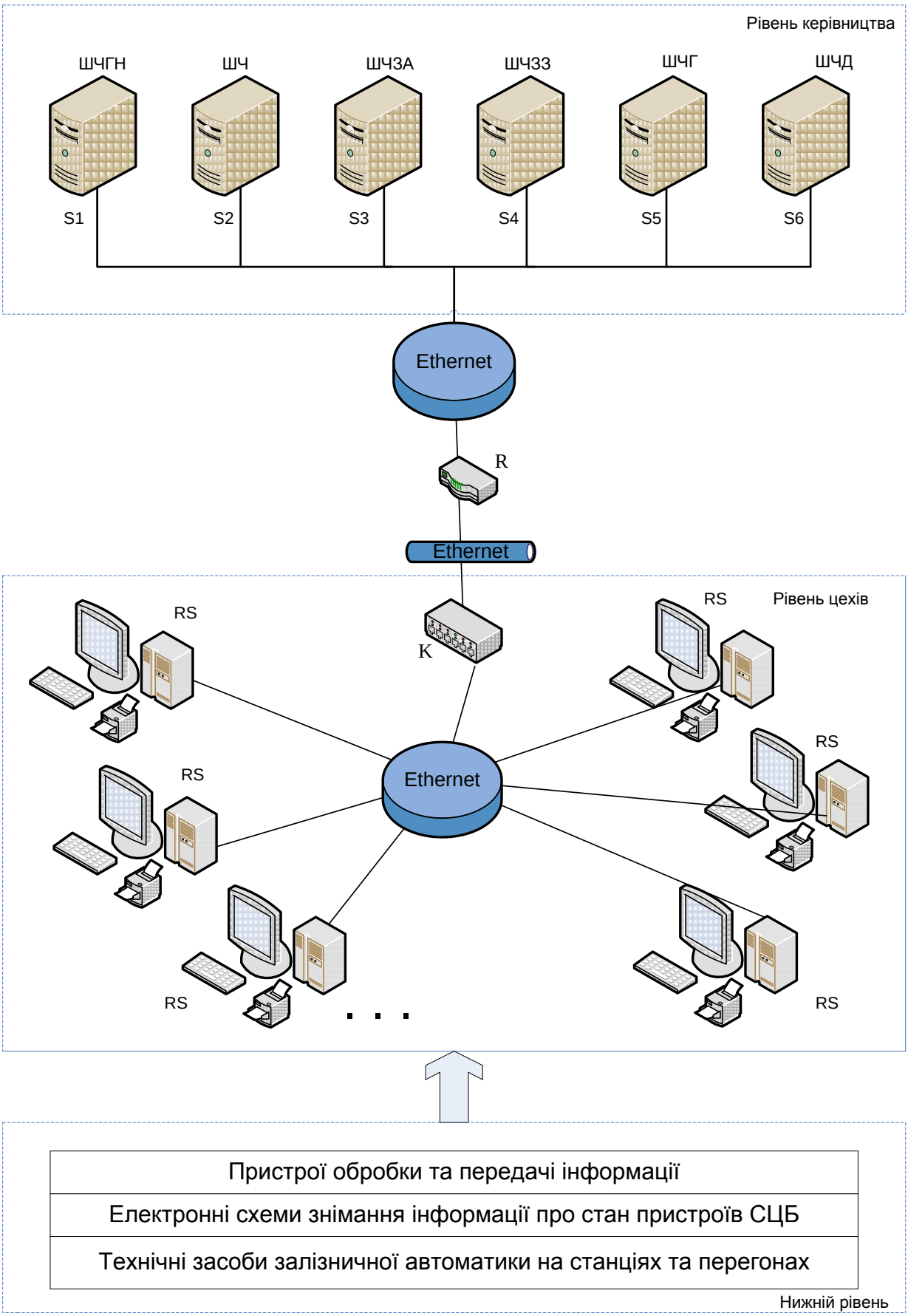


Рисунок 3.1 - Структурна схема програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності

Структура системи має три рівні: перший рівень – рівень керівництва дистанцією сигналізації та зв’язку. Він включає такі основні автоматизовані робочі місця: АРМ інженера групи надійності, АРМ начальника дистанції сигналізації та зв’язку, АРМ заступника начальника дистанції сигналізації та зв’язку по питанням СЦБ, АРМ заступника начальника дистанції сигналізації та зв’язку по питанням зв’язку, АРМ головного інженера дистанції.

АРМ інженера групи надійності забезпечує автоматизацію процесів контролю, діагностування та віддаленого моніторингу технічного стану пристроїв ЗАТ, а також робіт по технічному обслуговуванню пристроїв ЗАТ та реалізацію функцій контролю за діями оперативного персоналу. До основних функцій АПК АРМ інженера групи надійності відносяться:

- контроль за роботою пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки;
- контроль за рухом поїздів;
- виявлення відмов та перед відмовних станів пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки;
- контроль усунення відмов пристроїв;
- контроль параметрів пристроїв шляхом вимірювань (вимірювальна діагностика);
- виявлення критичних станів в роботі пристроїв з використанням бази даних відмов;
- виявлення нештатних технологічних ситуацій в русі поїздів;
- захист від несанкціонованого доступу;

Вказані вище функції здійснюються на основі інформації, отриманої від пристроїв СЦБ. На екранах моніторів у режимі реального часу та за заданий період відображується поїзна ситуація з позначенням номеру (назви) та стану об’єктів контролю; положення рухомих одиниць (поїздів), їх номерів та напрямку руху (голови і хвоста поїзду) з автоматичною реєстрацією проходження по дільниці.

Розподіл інформації на екранах моніторів здійснюється з метою забезпечення оптимального контролю за станом пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки..

Автоматизоване робоче місце інженера групи надійності забезпечує контроль стану пристроїв СЦБ та інших шляхом відображення перевізного процесу в режимі реального часу, минулих подій і необхідної довідкової інформації:

- автоматичну реєстрація та накопичення, з заданим інтервалом часу;
- **відображення стану засобів зв'язку;**
- відображення стану пожежно-охоронної сигналізації;
- відображення діагностичної інформації.

АРМи інших представників рівня керівництва (АРМ ШЧ, ШЧГ, ШЧЗА, ШЧЗЗ) включають в себе функції, що обмежуються колом їх керівних обов'язків.

Другий рівень системи має у своєму складі АРМи цехів. Всього в структуру системи включено наступні цехи: цехи СЦБ (№№ 2, 3, 4, 5, 6, 20), цехи зв'язку (№№ 8, 9, 10, 14, 15, 21), цех РТУ АЛСН, цех РТУ СЦБ, цех механізації. Основними з них є АРМи шести цехів СЦБ, інформація до яких безпосередньо надходить від системи керування та контролю на підпорядкованій дільниці.

АРМи цехів є базовими для формування інформації для системи верхнього рівня. Їх функціонування забезпечується надходженням первинної інформації від систем автоматики, телемеханіки та зв'язку дистанції сигналізації та зв'язку, зокрема, від систем керування рухом поїздів на перегонах та станціях (системи ЕЦ, автоблокування, напівавтоматичного блокування, переїзної сигналізації тощо), надходить інформація про поїзну ситуацію, основні пошкодження елементів, блоків та систем, режими роботи тощо.

Крім того, може бути введена додаткова інформація стосовно роботи ремонтно-технологічної дільниці (стан з перевірки реле, блоків та інших елементів, наявність прострочених приладів), роботи, що проводяться у «вікнах», інформація про попередження під час виконання робіт, інформація про

виключення пристроїв СЦБ із залежності зі збереженням та без збереження користування сигналами та інше.

Основна інформація поступає у вигляді логічних значень (0 та 1) про стан реле та напівпровідникових елементів систем керування, тому вона потребує попередньої обробки. При наявності пристроїв ДЦ або ДК вказані сигнали надходять до вказаної апаратури, де і обробляються. Кінцева інформація у вигляді даних про пошкодження конкретного об’єкта надходить з виходу цієї системи безпосередньо до цехових АРМів. При відсутності системи ДЦ необхідно обладнати пристрої СЦБ відповідними логічними блоками для знімання контрольної інформації, її попередньої обробки і передавання до АРМів цехів. У зв’язку з тим, що дільниці Мелітопольської дистанції сигналізації та зв’язку не обладнані системами ДЦ та ДК, вказана інформація на першому етапі вводиться до АРМів цехів технічним персоналом вручну.

Основою для формування бази даних є журнали, які ведуться старшими електромеханіками та електромеханіками в цехах, де і вказана необхідна інформація для оперативної її передачі до АРМу інженера групи надійності.

Інформація з другого рівня через мережевий концентратор подається до рівня керування дистанцією. Відповідно до завдань верхнього рівня вказані дані попередньо обробляються і надаються у вигляді необхідному для роботи персоналу верхнього рівня. За ініціативою оператора АРМа верхнього рівня може бути надана додаткова інформація від будь-якого АРМу цехів.

Програмно-апаратний комплекс автоматизованого робочого місця інженера групи надійності включає в себе також функцію збереження інформації та формування так званих «чорних скриньок».

Інформація про роботу систем СЦБ та зв’язку у первинному вигляді зберігається у відповідному цеховому АРМі, вона є найбільш повною. Після її попередньої обробки вона надходить до АРМів верхнього рівня (рівня керівництва), де також формуються «чорні скриньки», але вони мають меншу ступінь деталізації відповідно до завдань, що вирішуються верхнім рівнем.

Такий підхід забезпечує не тільки збереження інформації у випадку пошкодження елементів системи, але і достатню ступінь її відмовостійкості.

У випадку втрати даних одним із цехових АРМів більша частина інформації може бути відновлена завдяки базі даних системи рівня керівництва. АРМи цехів не мають пріоритетів в процесі передавання інформації, а в системі верхнього рівня такі пріоритети встановлені.

Інформація з АРМів рівня керівництва дистанцією надходить до відповідних функціональних АРМів служби Ш, наприклад, інформація з АРМу інженера групи надійності дистанції сигналізації та зв'язку надходить до АРМу інженера групи надійності служби сигналізації та зв'язку, а інформація з АРМу начальника дистанції сигналізації та зв'язку – до АРМу начальника служби сигналізації та зв'язку тощо.

4 Розробка схемних рішень знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ

4.1 Розробка схем знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ

Сполучення виконавчих пристроїв і датчиків в мікропроцесорних системах централізації залишається досить складною задачею. Рішення цієї задачі ускладнюється жорсткими, часто взаємо виключаючими вимогами до цього типу ПСО і специфікою, властивою пристроям залізничної автоматики.

У загальному вигляді пристрої узгодження МПЦ повинні забезпечувати:

- енергетичне узгодження виходів логічних схем з виконавчими об'єктами, (наприклад, включення ламп світлофора і двигуна електроприводу стрілки);

- узгодження роботи датчиків і виконавчих об'єктів з логічними схемами;

- схеми ПСО повинні стійко функціонувати при впливі будь-якого вигляду перешкод, характерного для об'єктів централізації;

- будь-яке пошкодження схем сполучення, що виконують відповідальні функції, з встановленою імовірністю не повинне приводити до небезпечної відмови;

- у разі відмови ПСО воно повинне автоматично перейти в захисний стан;

- схеми пристроїв сполучення повинні мати стабільні характеристики під час встановленого терміну експлуатації;

- пристрої ПСО, що виконують однакові функції, повинні будуватися з найбільшою мірою уніфікації і стандартизації;

- по можливості схеми сполучення не повинні вимагати регулювання, а їх експлуатація повинна проводитися за мінімальною участю персоналу;

- всі модулі сполучення, їх схеми і елементи повинні бути технологічними у виготовленні і мати невисоку вартість.

Розглянемо побудову схем знімання контрольної інформації основних систем станційних пристроїв автоматики.

На залізничних шляхах України найбільш поширена е система БМРЦ. В цій системі всі реле наборної групи розміщуються в закритих блоках, що по типовим схемам монтуються та перевіряються на заводі. Набірна група дозволяє замість роздільного керування стрілками застосувати маршрутне керування. Якщо при роздільному керуванні стрілки встановлювалися по маршруту переводом стрілочних комутаторів чи натисканням кнопок усіх стрілок, що входять до маршруту, то при маршрутному керуванні стрілки, що входять в маршрут, переводять послідовним натисканням двох чи декількох, при варіантних маршрутах, кнопок. Це дозволяє значно скоротити час на підготовку маршруту та підвищує швидкодію централізації.

Система блочної маршрутно-релейної централізації БМРЦ використовується на великих станціях зі значним об'ємом поїзної і маневрової роботи. Як правило, управління стрілками і світлофорами на таких станціях у функції поїзного диспетчера (ДНЦ) не входить. ДНЦ реалізує оперативне управління поїзною роботою, а управління засобами СЦБ входить до компетенції чергового по станції. Однак для реалізації оперативного управління диспетчеру потрібна повна інформація про стан засобів автоматики на станціях і перегонах дільниці. У зв'язку з цим на великих станціях до складу системи модулі управління OUT не входять, а схеми узгодження виконані тільки для отримання контролю стану пристроїв станційної автоматики. У випадку, коли станція, яка обладнана системою БМРЦ, передається на диспетчерське управління (без чергового по станції) при використанні диспетчерської централізації (ДЦ), обладнання системи повністю функціональне, тобто виконується як контроль стану, так і управління засобами СЦБ.

Так, у блоках набірної групи (якщо станція знаходиться на диспетчерському управлінні) обладнання системи МПЦ виконує функції управління і контролю етапів процесу встановлення маршруту: натискання першої маршрутної кнопки; визначення напрямку і категорії маршруту; натискання кінцевої кнопки.

При встановленні маршруту в канал модуля OUT, підключеного до відповідного кнопкового реле початкової кнопки, записується рівень логічної одиниці (рисунок 4.1).

Кнопкове реле встає під струм по колу, яке проходить від полюса ПУ через відкритий канал модуля Out, обмотку реле, тиловий контакт стрілочного керуючого реле (коло КН, суміжний блок НСО або НСС), полюс М. Через контакт кнопкового реле стає під струм реле напрямку в блоці напрямків НН.

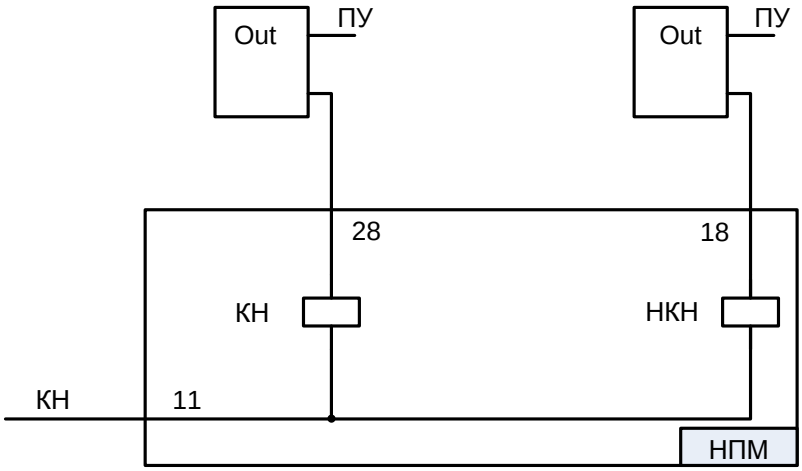


Рисунок 4.1 – Схема кнопкових реле

Через контакти реле П, О, ПМ або ОМ вмикається відповідна лампа, що розташована на табло чергового в трафареті напрямку (рисунок 4.2), полюс СХ підключається до каналу модуля IN, у якому фіксується рівень логічної одиниці.

До блока НПМ канали модуля IN підключені паралельно лампам, які знаходяться на табло чергового біля відповідного світлофора, і служать для індикації початку маршруту (рисунок 4.3). У канал модуля, підключеного до виводу 25, який з'єднаний з виводом 219, надходить інформація про встановлення поїзного або маневрового маршруту. Аналогічні функції виконують модулі, які підключаються до маневрових блоків набірної групи: НМІ (рисунок 4.4); НМІІП, НМІІАП (рисунок 4.5).

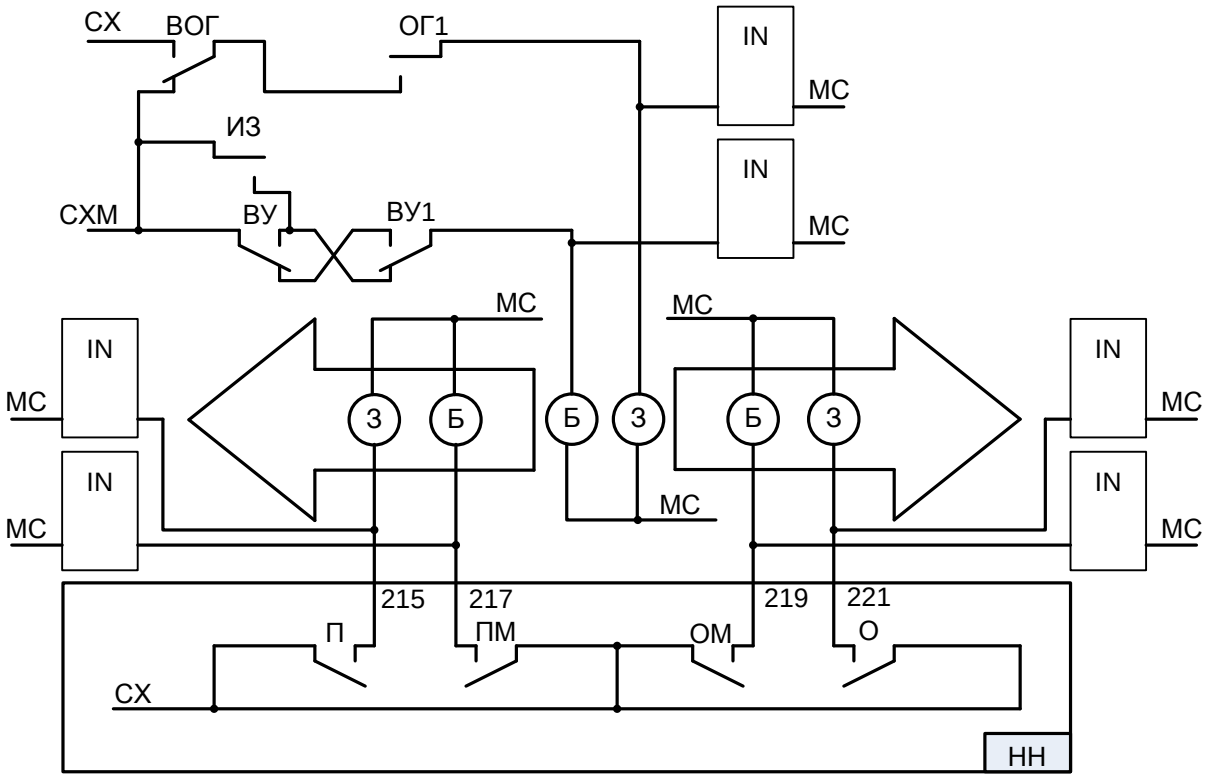


Рисунок 4.2 – Схема індикації напрямків, відміни набору та маршруту

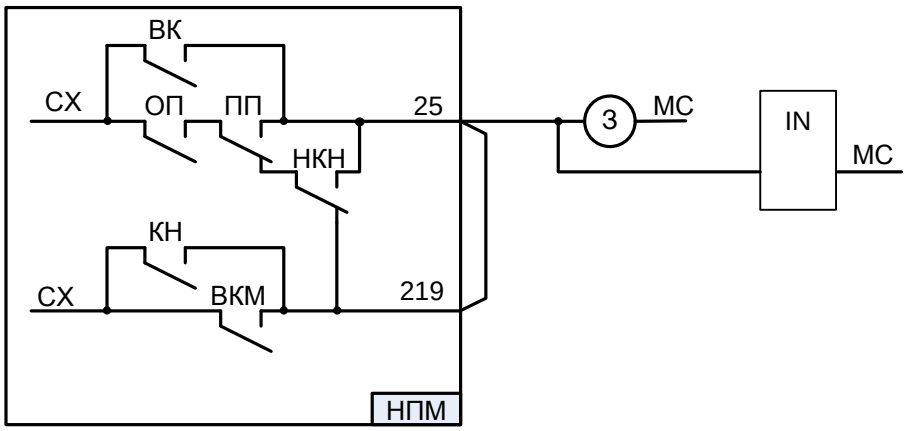


Рисунок 4.3 – Схема підключення модуля IN до блока НПМ

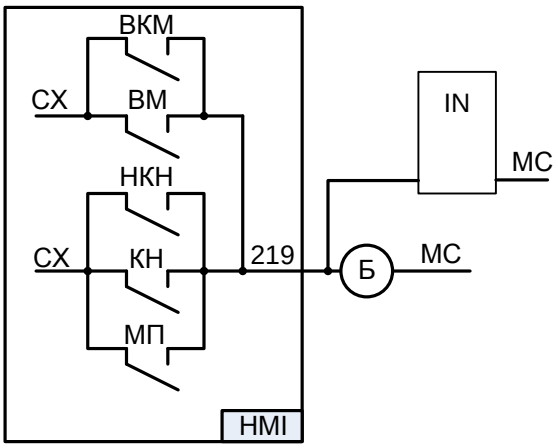


Рисунок 4.4 – Схема підключення модуля IN до блока НМІ

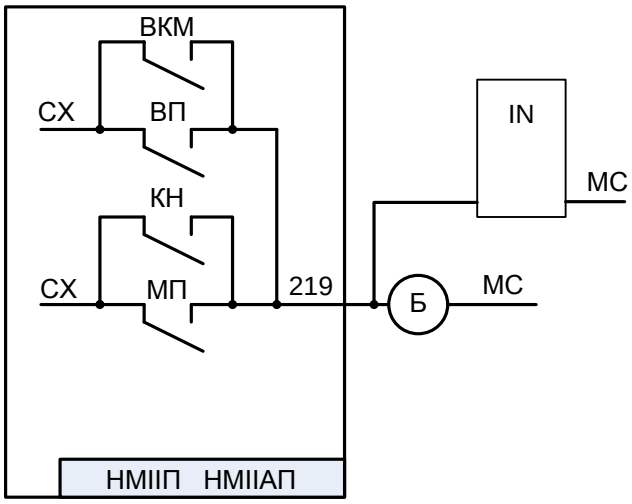


Рисунок 4.5 – Схема підключення модуля IN до блоків НМІІП, НМІІАП

Після фіксації цих сигналів у програмному забезпеченні системи МПЦ формується команда на встановлення під струм кінцевої (або варіантної) кнопки маршруту і через вихідні кола каналу модуля OUT починає протікати струм, за рахунок якого відповідне кнопкове реле притягує свій якір.

Інформація про скасування набору та скасування маршруту надходить до обладнання системи МПЦ за рахунок підключення каналів модуля IN до відповідних ламп (на схемі рисунок 4.6 – дві лампи червоного кольору). При скасуванні маршруту фіксуються дві події:

- натиснута групова кнопка скасування. При цьому реле ВОГ та ОГ1 без струму, до каналу модуля IN підключено полюс СХМ;

- натиснута кнопка світлофора. Реле ВОГ стає під струм, до каналу модуля IN підключається полюс СХ.

Для вилучення інформації про стан приймально-відправних колій, колійних або стрілочних ділянок модулі телесигналізації IN підключаються до кіл індикації виконавчої групи. Блок П виконує функції контролю стану і відсутності ворожих маршрутів на приймально-відправну колію. Він має три кола індикації на табло чергового, до яких підключаються канали модуля IN (рисунок 4.6).

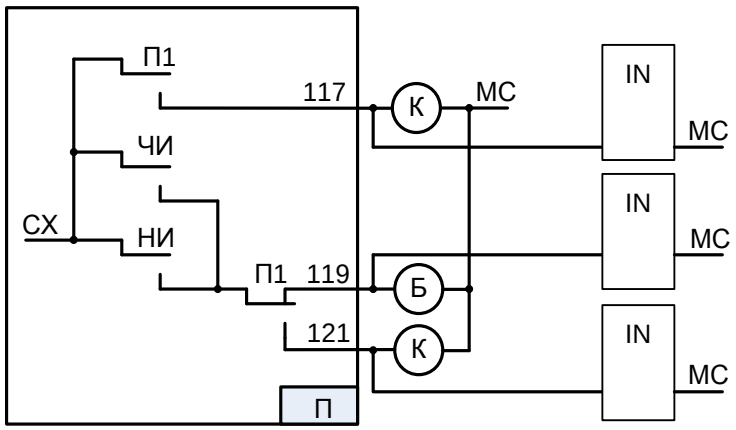


Рисунок 4.6 – Схема підключення модуля IN до кіл індикації блока П

Якщо колія вільна, колійне реле знаходиться під струмом, як і його повторювач П1, розташований у блоці. На вивід блока 117 напруга не поступає, червона лампа не горить і на вхід каналу модуля IN полюс СХ не надходить. У каналі фіксується рівень логічного нуля, який інтерпретується як вільність колії. При зайнятому стані колійне реле знеструмлюється, лампа загоряється, у канал модуля поступає змінний струм, фіксується рівень логічної одиниці.

При встановленні маршруту приймання на колію становиться під струм контрольно-дільничне реле ЧКС або НКС. Своїм контактом контрольно-дільничне реле розриває коло самоблокування реле ЧИ або НИ відповідно, яке знеструмлюється, і вмикає коло індикації. При вільному стані вмикається біла

лампа, при зайнятті колії – червона. За рахунок підключення трьох каналів модуля IN до блока П фіксуються такі стани приймально-відправної колії:

- вільний;
- зайнятий;
- встановлений маршрут при вільній колії;
- встановлений маршрут при зайнятій колії.

Апаратура надсилає вилучені дані до обладнання центрального поста, і вони надходять в АРМ поїзного диспетчера (при використанні ДЦ). Тільки за рахунок цієї інформації, з урахуванням даних про номер і режим руху поїзда, логічної обробки інформації в програмному забезпеченні, з'явилась можливість відображення станів колії.

Кола індикації стану безстрілочних секцій мають дві лампи, відповідно і два канали модуля IN, які підключені до виводів 119 та 121 блока УП (рисунок 4.7).

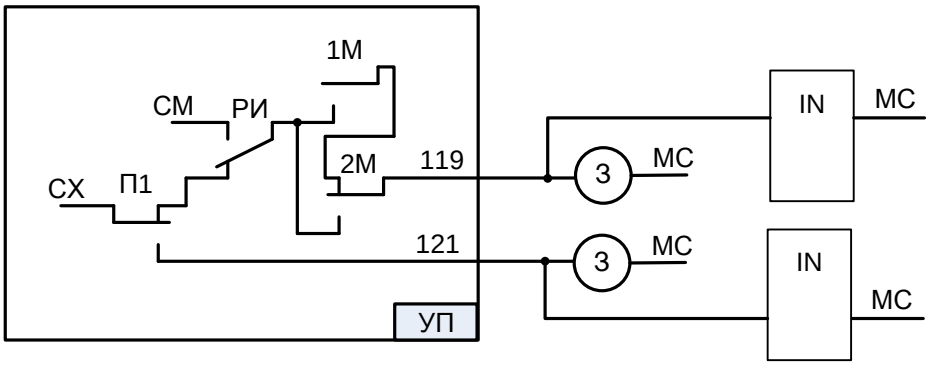


Рисунок 4.7 – Схема підключення модуля IN до кіл індикації блока УП

Якщо маршрутні реле 1М та 2М під струмом, повторювач колійного реле 1П під струмом, то це значить, що секція вільна і не замкнута в маршруті. При зайнятті дільниці знеструмлюється реле 1П, на табло чергового горить червона лампа, і в каналі модуля IN фіксується логічна одиниця. При замкненні секції в маршруті реле 1М та (або) 2М знаходяться без струму, при вільному стані дільниці горить біла лампа і до відповідного каналу модуля надходить полюс СХ. Якщо секція знаходиться у стані штучного розмикання,

то реле РИ під, біла лампа випромінює в миготливому режимі, а в канал модуля надходить полюс СМ.

4.2 Розробка схем знімання контрольної інформації про стан системи БМРЦ

Система БМРЦ формує інформацію про стан секції і положення стрілки за рахунок підключення сьомого та восьмого кола між блоками СП та С (рисунок 4.8).

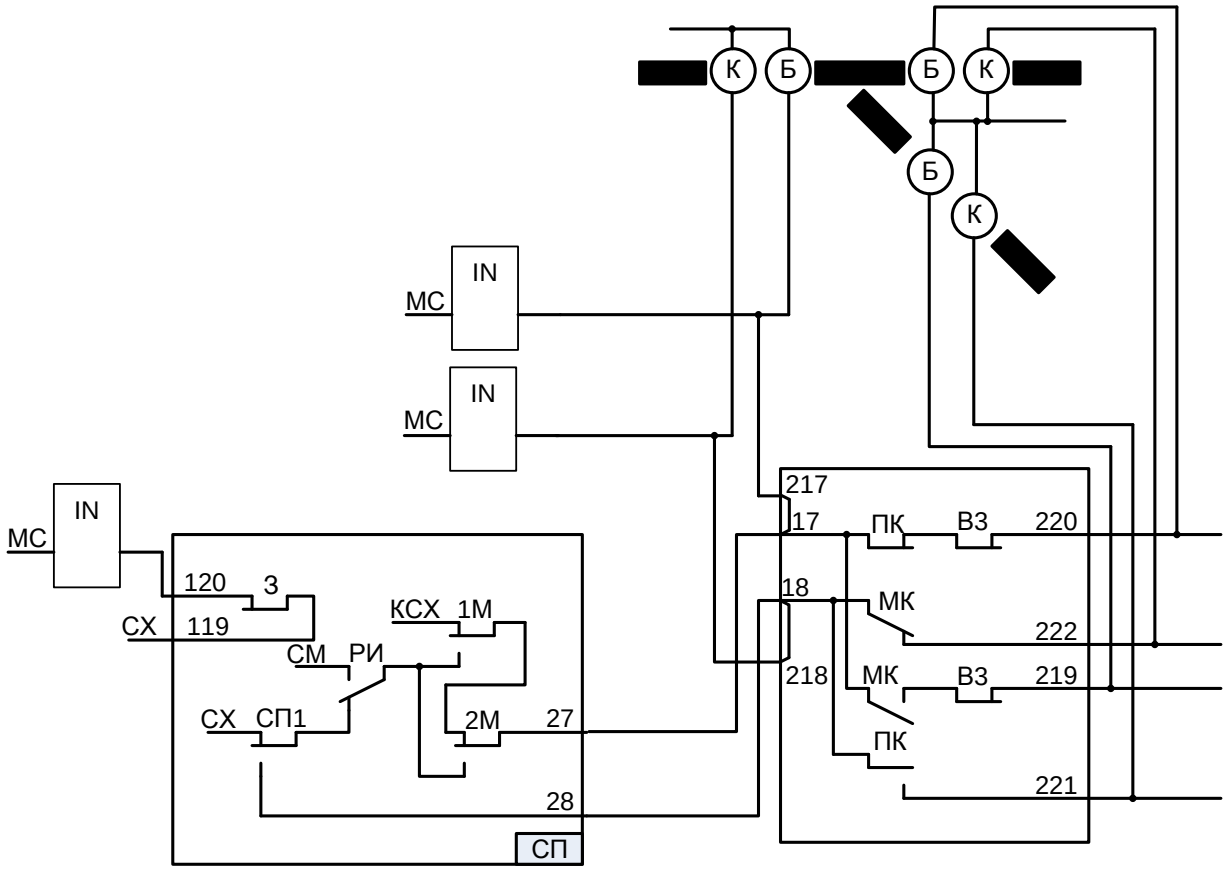


Рисунок 4.8 – Схема підключення модуля IN до кіл індикації стану секцій

У стані, коли секція вільна та маршрут не встановлено, напруга на лампи табло не подається, у каналах модулів IN, які підключено до виводів 27 та 28

блока СП, фіксується рівень логічного нуля. При зайнятті секції знеструмлюється повторювач колійного реле СП1 в блоці СП і полюс живлення СХ з'являється на виводі 28 блока СП. Це приводить до вмикання червоних ламп на табло і фіксації рівня логічної одиниці в каналі модуля IN.

Якщо секція замкнута в маршруті, то реле 1М та (або) 2М знаходяться без струму і полюс СХ надходить до виводу 27 блока СП. При штучному розмиканні, через фронтовий контакт реле РИ, на цей вивід поступає полюс СМ. Крім цього, контроль замкнення секції виконано за рахунок підключення каналу модуля IN безпосередньо до контакту замикаючого реле З (виводи 119, 120 блока СП). Поява напруги на відповідних виводах фіксується в каналах модулів, які до них підключені.

Інформація про положення стрілки надходить до обладнання системи МПЦ за рахунок підключення каналів модуля IN.

Контроль стану поїзних світлофорів забезпечується за рахунок підключення каналів модулів IN до виводів 119 та 212 блоків ВІ, ВІІ, ВІІІ, а маневрових – до виводу 119 блоків МІ, МІІ, МІІІ (рисунок 4.9).

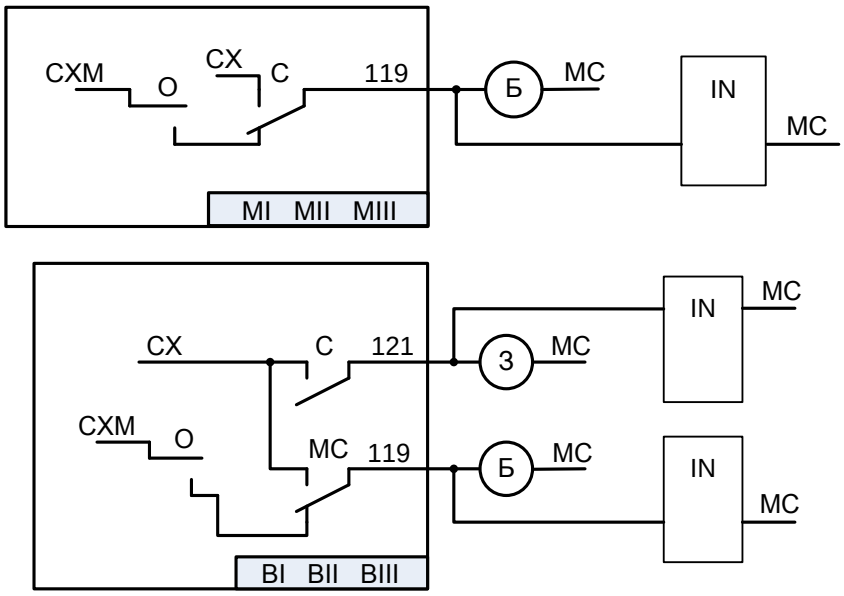


Рисунок 4.9 – Схеми підключення модулів IN до блоків поїзних і маневрових світлофорів

Коли поїзне (реле С в блоках ВІ, ВІІ, ВІІІ) або маневрове (реле МС в блоках ВІ, ВІІ, ВІІІ; реле С в блоках МІ, МІІ, МІІІ) сигнальне реле стає під струм, то до каналу модуля IN підключається полюс СХ і в каналі фіксується рівень логічної одиниці. При перегорянні нитки лампи або пошкодженні кола живлення ламп світлофорів знеструмлюється вогневе реле О. Це приводить до випромінювання в миготливому режимі білої лампи на пульті чергового, до каналу модуля підключається полюс СХМ і в обладнанні системи фіксується ця подія.

У системі БМРЦ схема вхідного світлофора виконується на окремих реле. Для надання черговому інформації про стан світлофора табло обладнано трьома лампами: зелена – індикація відкритого стану; червона – закритого (також контроль справності схеми і цілості ниток ламп); біла – ввімкнення запрошувального вогню. Схему ввімкнення ламп вхідного світлофора Н з підключенням каналів модуля IN наведено на рисунок 4.10.

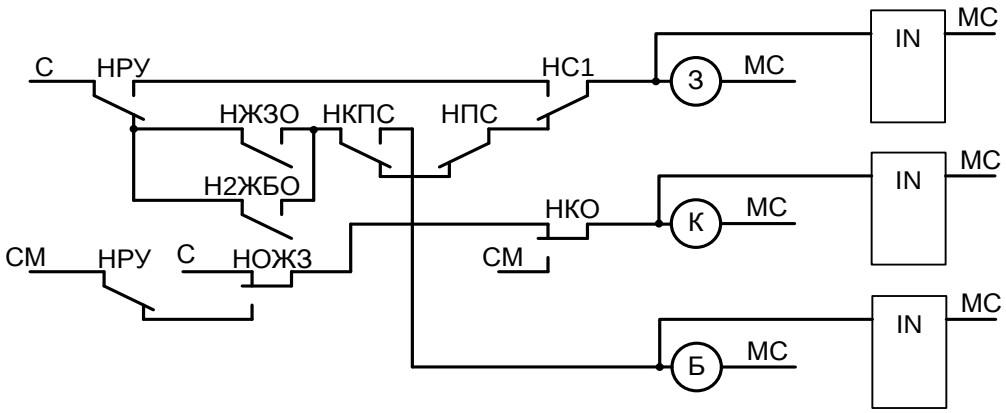


Рисунок 4.10 – Схеми індикації стану вхідного світлофора

БМРЦ використовувалося для великих станцій, число стрілок більше 20. Для станцій з числом стрілок до 20 була розроблена інша система.

Електрична централізація проміжних станцій була розроблена на елементній базі з використанням реле РЕЛ, ОЛ та ПЛ. Система проектувалась для проміжних

станцій з числом стрілок до 20, диспетчерського та автономного керування при різних засобах сигналізації та зв’язку для руху потягів з будь-яким типом тяги.

Кнопкові реле призначені для фіксації команд оператора при завданні маршруту, а реле напрямку - для визначення та фіксації категорії і напрямку встановлюваного маршруту: парне поїзне (Ч), непарне поїзне (Н), парне маневрове (ЧМ), непарне маневрове (НМ).

Кількість кнопкових реле відповідає кількості поїзних та маневрових кнопок за виключенням випадків, коли на одну кнопку встановлюється два кнопкових реле.

Позначаються кнопкові реле за найменуванням кнопки (світлофора) з додаванням літери "К".

Кнопкові реле в схемі маршрутного набору утворюють дві групи: парну та непарну, відповідно з парними (Ч, ЧМ) та непарними (Н, НМ) реле напрямку. Схема кнопкових реле побудована так, що в кожній групі може бути збуджене тільки одне кнопкове реле.

Тиловим контактом реле ОН перевіряє вільність маршрутного набору. Тиловими контактами реле Н та Ч виключається збудження більш, ніж одного кнопкового реле в групі у випадку помилкових дій ДСП. Контакт реле МОН служить для вимикання маршрутного набору при переході на індивідуальне управління стрілками. Реле ОГ виконує скасування або відміну встановленого маршруту. Контакт реле СФ підключений паралельно контакту реле СБ для вимикання маршрутного набору, якщо стрілковий електродвигун довгий час працює на фрикцію.

Після прийому й дешифрації команди ТУ, що надійшла з ЦП (на встановлення маршруту прийому на другу колію по світлофору Ч, наприклад) мікропроцесорний контролер "МП" формує і передає команди модулю (модулям) OUT. Система для встановлення маршруту повинна вплинути на ЕЦ керованої станції так само, ніби ця станція знаходиться під керуванням ДСП: імітувати в необхідній послідовності натискання кнопок на пульті електричної централізації і збудити кнопкові реле ЧК і Н2К. Для цього OUT1 за командою "МП" замикає

відповідний ключ і на виводі модуля OUT1 з’являється полюс ПУ(ТП), кнопкове реле ЧК збуджується. Після збудження реле ЧК своїми контактами перемикає коло свого живлення на обмотку опором 92 Ом та шунтує обмотку опором 31 Ом. Одночасно реле ЧК своїм контактом готує коло збудження парного поїзного реле напрямку Ч. Доки на вивід модуля OUT1 через замкнений ключ OUT буде подаватись висока напруга ПУ(ТП) реле Ч виявиться зашунтованим, оскільки до обох виводів його обмотки (до моменту розмикання ключа OUT або відпускання кнопки Ч) буде підключено однаковий полюс станційної батареї ПУ(ТП).

В ЕЦ проміжних станцій напрямок і категорія маршруту визначаються системою в момент відпускання першої (початкової) кнопки встановлюваного маршруту, тобто, в момент розмикання відповідного ключа модуля телекерування. Саме після того, як полюс ПУ(ТП) відключається від виводу модуля OUT1 (або ДСП відпустить кнопку Ч) шунт з обмотки реле Ч буде знято; струм протікає від полюса ПУ(ТП) через обмотку реле Ч (100 Ом), тилові контакти реле напрямків Н та НМ, тиловий контакт сигнального реле М2С та обмотку опором 92 Ом кнопкового реле ЧК до негативного полюсу батареї (М). Кнопкове реле ЧК буде залишатися в збудженому стані, реле напрямку Ч притягне якір.

Паралельно обмоткам реле Ч, Н, ЧМ, НМ та ОН встановлені резистори опором 51 Ом для утримання якорів кнопкових реле. Реле Ч, притягнувши якір, зашунтує своїм фронтовим контактом контакт реле ОН в колі утримання кнопкового реле та реле напрямку, а тиловим контактом розірве коло збудження інших кнопкових реле даної групи, виключаючи скидання маршрутного набору при помилкових діях ДСП. Тиловими контактами реле Ч розмикає коло збудження непарних реле напрямків Н та НМ, а фронтовими підключає до схем блокування кнопкових реле парної групи реле закінчення набору ОН.

Після того, як модуль "МП" сформує і передасть чергову команду на вмикання кнопкового реле кінця маршруту, на виході модуля OUT1 з’являється полюс ТП, (імітація натискання черговим по станції кнопки Н2), збуджується реле Н2К, а після розмикання ключа модуля ТУ (відпускання кнопки) послідовно з реле Н2К збуджується реле ОН. Кнопкові реле, реле напрямку та закінчення

набору залишаються під струмом до повної реалізації маршруту та збудження сигнального реле.

Для скасування завдання та встановлених маршрутів на пульті управління встановлена групова кнопка скасування ОГ, а в схемі маршрутного набору - групове реле скасування ОГ та групове допоміжне реле скасування ВОГ. Завданий, але не використаний маршрут скасовується, якщо МП контролер формує керуючий сигнал, після чого на модулі OUT1 з’являється полюс ПУ (ТП), а на іншому виводі полюс ПУ (ТП) зникає (цей ключ "нормально замкнений"). Реле ОГ після знеструмлення розмикає кола блокування кнопкових реле, реле напрямку та закінчення набору.

Щоб скасувати встановлений маршрут МП контролер формує сигнал керування, після чого на модулі OUT1 з’являється полюс ПУ (ТП), а на іншому виводі полюс ПУ зникає (якщо станція перебуває на резервному управлінні необхідно натиснути групову кнопку ОГ), потім контролер повинен сформувати керуючий сигнал, щоб на модулі OUT1 з’явився полюс ПУ (ТП) (імітація натискання кнопки початку маршруту, що скасовується) до закриття сигналу.

Скасування маршрутів виконується з витримкою часу, що залежить від виду замикання маршруту. Витримка часу здійснюється пристроями ЕЦ.

4.3 Розробка схеми штучного розмикання маршрутів

Схема штучного розмикання маршруту застосовується у випадку пошкодження рейкового кола однієї з секцій маршруту, або при порушенні послідовності збудження колійних реле після прослідування поїзда за маршрутом. Маршрути розмикаються штучно за допомогою індивідуальних реле штучного розмикання РИ кожної секції і двох групових реле ГРИ та ГРИП (рисунок 4.11).

Реле РИ мають дві ввімкнені окремо обмотки збудження і блокування, які живляться від полюса П через тилові контакти замикаючого реле, а від полюса М

– через шини МИВ і МРИ. Для штучного розмикання секцій маршруту спочатку необхідно збудити індивідуальні реле штучного розмикання замкнених секцій (2-4 РИ), а потім групове реле штучного розмикання (одночасно необхідно вимкнути протиповторне реле штучного розмикання ГРИП). Для керування груповими реле ГРИ і ГРИП задіяні два комутуючих пристрої (ключі) модулів виводу OUT1 - нормально розімкнений і нормально замкнений відповідно. Для керування індивідуальними реле штучного розмикання використовуються нормально розімкнені ключі, по одному на реле РИ.

Реле РИ мають дві ввімкнені окремо обмотки збудження і блокування, які живляться від полюса П через тилові контакти замикаючого реле, а від полюса М – через шини МИВ і МРИ. Для штучного розмикання секцій маршруту спочатку необхідно збудити індивідуальні реле штучного розмикання замкнених секцій (2-4 РИ), а потім групове реле штучного розмикання (одночасно необхідно вимкнути протиповторне реле штучного розмикання ГРИП).

Для керування груповими реле ГРИ і ГРИП задіяні два комутуючих пристрої (ключі) модулів виводу OUT1 - нормально розімкнений і нормально замкнений відповідно. Для керування індивідуальними реле штучного розмикання використовуються нормально розімкнені ключі, по одному на реле РИ.

Як і у випадку встановлення, або скасування маршрутів для штучного розмикання маршрутів мікропроцесорний контролер лінійного пункту "МП" повинен сформувати послідовність команд для модуля (модулів), яка б відповідала послідовності дій ДСП у аналогічних ситуаціях.

Слід зауважити, що штучне розмикання маршрутів – відповідальна операція, здатна вплинути на безпеку руху поїздів, якщо дії ДСП виявляться хибними.

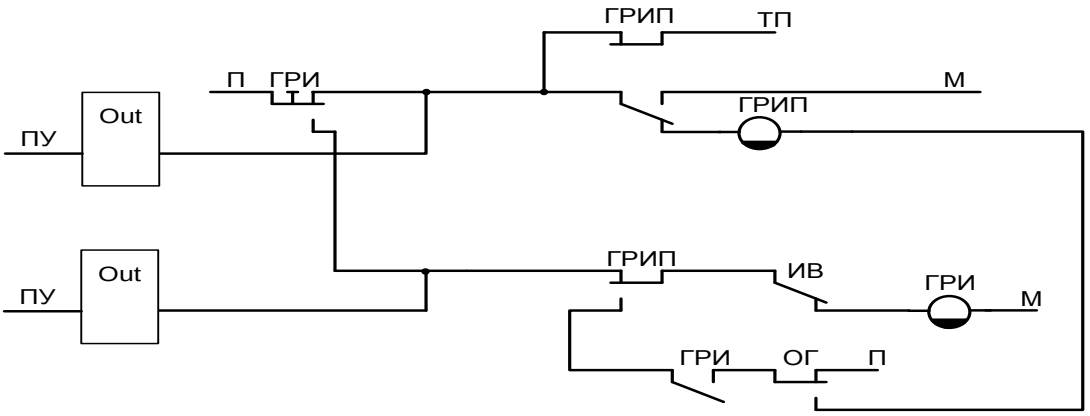


Рисунок 4.11 – Схема штучного розмикання маршрутів

Крім того, у разі пошкодження електронного ключа модуля OUT (короткого замикання) команда на вмикання індивідуального реле штучного розмикання будь-якої секції може бути сформована несанкціоновано. Тому при проектуванні схем штучного розмикання маршрутів доцільно застосовувати модулі виводу відповідальні.

При формуванні керуючого сигналу після прийому команди з ЦП на штучне розмикання маршруту, або при натисканні кнопки РИ (при резервному управлінні) від шини МИВ, яка живиться через тиловий контакт реле ГРИ та фронтовий ГРИП, перевіряється вільність комплекту витримки часу, збуджується реле штучного розмикання секції РИ і самоблокується від шини МРИ. В колі шини МРИ перевіряється відсутність відміни маршруту.

Після збудження реле РИ всіх секцій маршруту, які підлягають штучному розмиканню, натискається групова кнопка ГРИ з лічильником кількості натискань і збуджується реле ГРИ. Для контролю надійної роботи лічильника кількості натискань застосовується протиповторне реле ГРИП, яке фіксує повернення кнопки у вихідний стан. Реле ГРИ збуджується, своїми контактами вмикає схему реле витримки часу ИВ та залишається на самоблокуванні через тилові контакти реле ГРИП та ИВ.

Реле РИ фронтовим контактом підключає обмотку збудження замикаючого реле З до шини ПИВ, живлення в яку подається після витримки часу контактом реле ИВ.

Для надійного збудження замикаючого реле при штучному розмиканні секцій реле ГРИ має уповільнення на відпускання якоря. Збудившись, реле ИВ відключає живлення кола блокування реле ГРИ, а контактами замикаючих реле обриваються кола реле РИ, схема переходить у вихідний стан.

Схема індикації завдання маршруту. .Після того як сигнал керування на замикання ключа OUT1 буде знято збуджується реле напрямку Ч і на табло ЕЦ вмикається зелена індикаторна лампа контролю набірної групи, яка вказує напрямок встановлюваного маршруту. До закінчення процедури встановлення маршруту (замикання і розмикання ключа OUT1 кнопкового реле кінця маршруту), реле закінчення набору ОН знеструмлене, лампа в індикаторі напрямку отримує живлення через тиловий контакт реле ОН від шини СМ та світиться в блимаючому режимі, сигналізуючи про необхідність закінчення завдання маршруту (рисунок 4.12).

Одночасно з живленням лампи одержує живлення модуль IN1.

Після збудження кнопкового реле кінця маршруту на мнемосхемі станції контактом кнопкового реле вмикається зелена лампочка в комірці світлофора, за який встановлюється маршрут, а після зняття керуючого сигналу і вимикання кнопкового реле збуджується реле ОН та перемикає живлення індикатора напрямку на неперервний режим. На вивід клемної колодки модуля IN1 подається неперервне живлення, сигналізуючи про закінчення набору маршруту.

Робота схеми під час встановлення маршрутів інших категорій відбувається аналогічно.

Схема індикації відміни та штучного розмикання маршрутів. Для контролю дій ДСП при відміні та штучному розмиканні маршрутів на табло ЕЦ встановлено п’ять контрольних ламп з червоними світлофільтрами.

Введення інформації в МСДЦ про роботу станції у вказаних режимах здійснюється за допомогою модуля IN1 (рисунок 4.13), входи якого підключено

паралельно лампам ОС, ОМ, ОП, РИ, ОГ. В залежності від стану реле ОВ, ВОГ, ГРИ, ИВ, ПВ, МВ, ОВ, ВВ полюси живлення С або СМ можуть бути подані на виводи клемної колодки IN1.

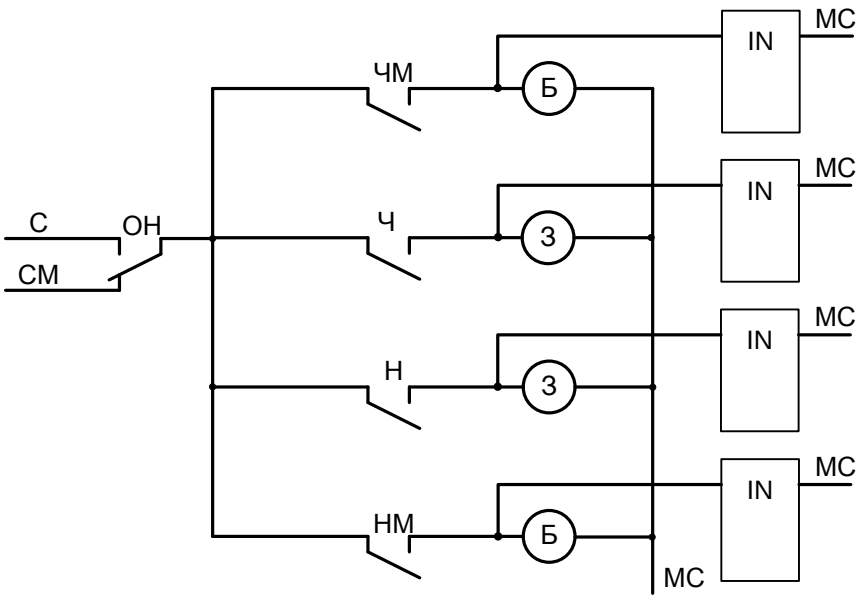


Рисунок 4.12 – Схема індикації завдання маршруту

Схема допоміжного управління, для завдання варіантних маршрутів або у випадку несправності схеми відповідності, мікропроцесорний контролер "МП" сформує і передасть модулю OUT2 команду на замикання відповідного ключа. У результаті полюс ПУ(ТП) подається на реле ВУ (рисунок 4.20), реле ВУ притягує якір і замикає електричні кола допоміжного управління.

Контроль допоміжного управління здійснюється завдяки підключенню відповідного входу модуля IN1 до контрольних контактів реле ВУ.

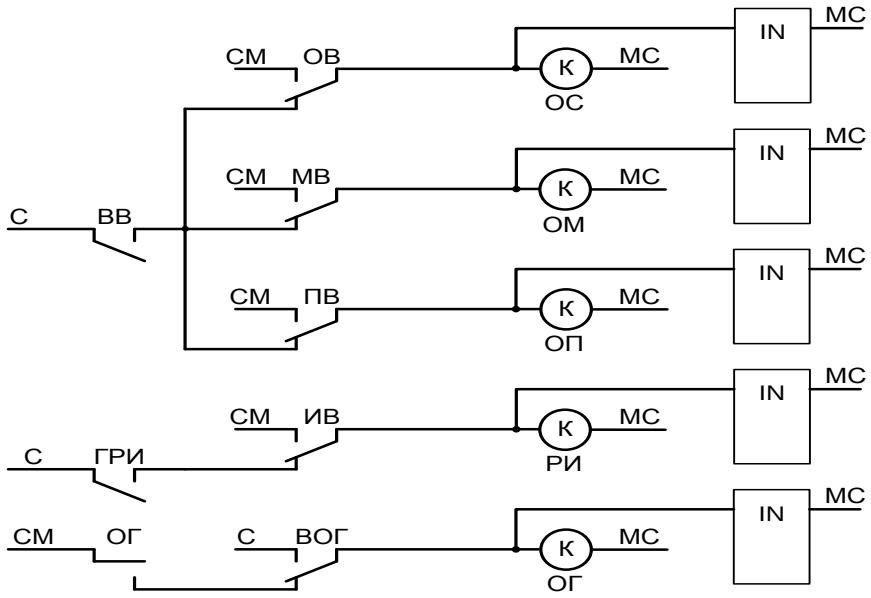


Рисунок 4.13 – Індикація відміни та штучного розмикання маршрутів

Таким чином, керування будь-якими об’єктами лінійних пунктів та контроль їх стану здійснюється через наведенні схеми підключення до релейного устаткування.

4.4 Висновки до розділу

Узгодження схем знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ при розробці програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності є обов’язковим етапом для забезпечення умов надійності та безпеки руху поїздів.

Мікроелектронні елементи є елементами з симетричними відмовами, при виникненні яких вони не тільки розмикають, але і замикають електричні кола, що може призводити до несанкціонованого увімкнення відповідальних виконавчих пристроїв, одержання недостовірної інформації та порушення функцій з забезпечення безпеки руху поїздів.

5. Розроблення моделі аварійної ситуації

5.1 Форма узагальненої моделі механізму залізнично-транспортної пригоди

Модель механізму залізнично-транспортної пригоди (ЗТП) являється упорядкованою сукупністю всіх її елементів, що знаходяться між собою в динамічній взаємодії. Як будь-яка система, узагальнена модель механізму ЗТП характеризується формою. Побудова форми узагальненої моделі механізму починається з пошуку початкового елементу досліджуваної динамічної сукупності елементів.

Перелік питань, що охоплюють всі методичні аспекти даного предмету наступні:

1. В якому технічному стані знаходились пристрої залізничної автоматики та телемеханіки під час ЗТП, чи відповідав цей стан вимогам нормативних документів? Якщо технічний стан пристроїв ЗАТ не відповідало вимогам нормативних документів, то в чому конкретно проявилася ця невідповідність, тобто – які несправні елементи пристроїв ЗАТ мали місце?

2. Чи мала місце невідповідність між діями посадових осіб господарства сигналізації та зв’язку, в обов’язках кого було слідкувати за пошкодженнями пристроїв ЗАТ, за вимогами пунктів нормативних документів, що забезпечують безпеку руху поїздів? Якщо мало місце, то в чому конкретно ця невідповідність проявила себе?

3. В якому технічному стані знаходились елементи пристроїв ЗАТ, чи відповідав цей стан вимогам пунктів нормативних документів? Якщо технічний стан цих елементів не відповідав вимогам пунктів нормативних документів, то в чому конкретно проявилася ця невідповідність, тобто – які несправні елементи пристроїв ЗАТ мали місце?

4. Хто з посадових осіб господарства сигналізації та зв'язку був зобов'язаний слідкувати за несправністю елементів пристроїв ЗАТ та якими пунктами нормативних документів при цьому керуватись?

5. Чи мала місце невідповідність між діями посадових осіб та вимог пунктів нормативних документів при обслуговуванні пристроїв ЗАТ, через несправність яких відбулася ЗТП? Якщо мало місце, то в саме чому ця невідповідність себе проявила?

6. Чи мала місце невідповідність в діях працівників інших господарств, які були причетні до виникнення ЗТП? Якщо мала місце, то в чому конкретно ця невідповідність проявилася? Якими вимогами нормативних документів повинні були керуватись працівники інших причетних служб в момент ЗТП?

7. Яка безпосередньо технічна причина ЗТП? Який ланцюг проміжних технічних причин, що привели до ЗТП?

8. Чи була реальна можливість попередити дану залізнично-транспортну пригоду в умовах розвитку небезпечної транспортної ситуації? Якщо була, то хто з посадових осіб залізничного транспорту міг це зробити та які вимоги пунктів нормативних документів необхідно було виконати?

Дана підсистема узагальненої моделі механізму ЗТП складається з трьох етапів.

Перший етап передбачає ретельне вивчення матеріалів розслідування, які містять технічну характеристику дільниці виникнення ЗТП. Інформація про технічну характеристику дільниці виникнення ЗТП міститься в матеріалах службового розслідування транспортної пригоди, в технічній, довідковій та нормативній літературі. Інформація про технічний стан пристроїв ЗАТ міститься в Актах службового розслідування форми РБУ-1 або РБУ-3, в Протоколах оперативних нарад при начальнику залізниці тощо. Крім того, джерелом та носіями інформації про технічний стан елементів пристроїв ЗАТ може бути Акти первісного огляду місця події, відеозаписи, фотодокументи та протоколи допитів звинувачених, підозрілих, постраждалих та слідків залізнично-транспортної пригоди.

Таким чином, домінуючою задачею першого етапу моделі механізму ЗТП являється отримання (накопичення) максимальної кількості інформації про технічний стан елементів пристроїв ЗАТ.

Другий етап передбачає диференціацію різноаспектної, багатообразної, інколи суперечливої інформації про технічний стан пристроїв ЗАТ. Іншими словами, на другому етапі відбувається відбір достовірної інформації, усунення помилкової та верифікація ймовірної інформації. Верифікація ймовірної інформації призводе до розділення її на технічно-самостійну та латентно-помилкову, тобто яка знаходиться в складі ймовірної в прихованій формі. Результатом диференціації накопиченої інформації являється відбір достовірної та технічно-самостійної інформації.

Третій етап. Встановлення відповідності технічного стану елементів пристроїв ЗАТ вимогам нормативних документів, керуючись розділом 6 Правил технічної експлуатації залізниць України, Інструкцією з технічного обслуговування пристроїв СЦБ тощо.

Підпорядковану сукупність подій першої підсистеми представимо графічно у вигляді ланцюга трьох подій, що відповідають кількості розглянутих етапів (рисунок 5.1).

На рисунку 5.1 кожна попередня за часом подія являється основою виникнення наступної події. Подія називається причиною іншої події, якщо перша передує другій за часом та являється необхідною умовою виникнення другої. Відношення між такими подіями називається причинністю або причинно-наслідковим зв’язком.

Першу підсистему узагальненої моделі механізму ЗТП в досліджуваному випадку розглядаємо як динамічну сукупність елементів, організованих у вигляді трьох ланкового ланцюга нижчеперелічених стійких причинно-наслідкових зв’язків; накопичення максимальної кількості інформації про технічний стан пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки приводить до необхідності диференціації накопиченої інформації з метою отримання достовірної та технічно спроможної інформації; диференціація накопиченої інформації приводить до

зіставлення реальної інформації з вимогами нормативних документів та до встановлення пошкоджень пристроїв ЗАТ.

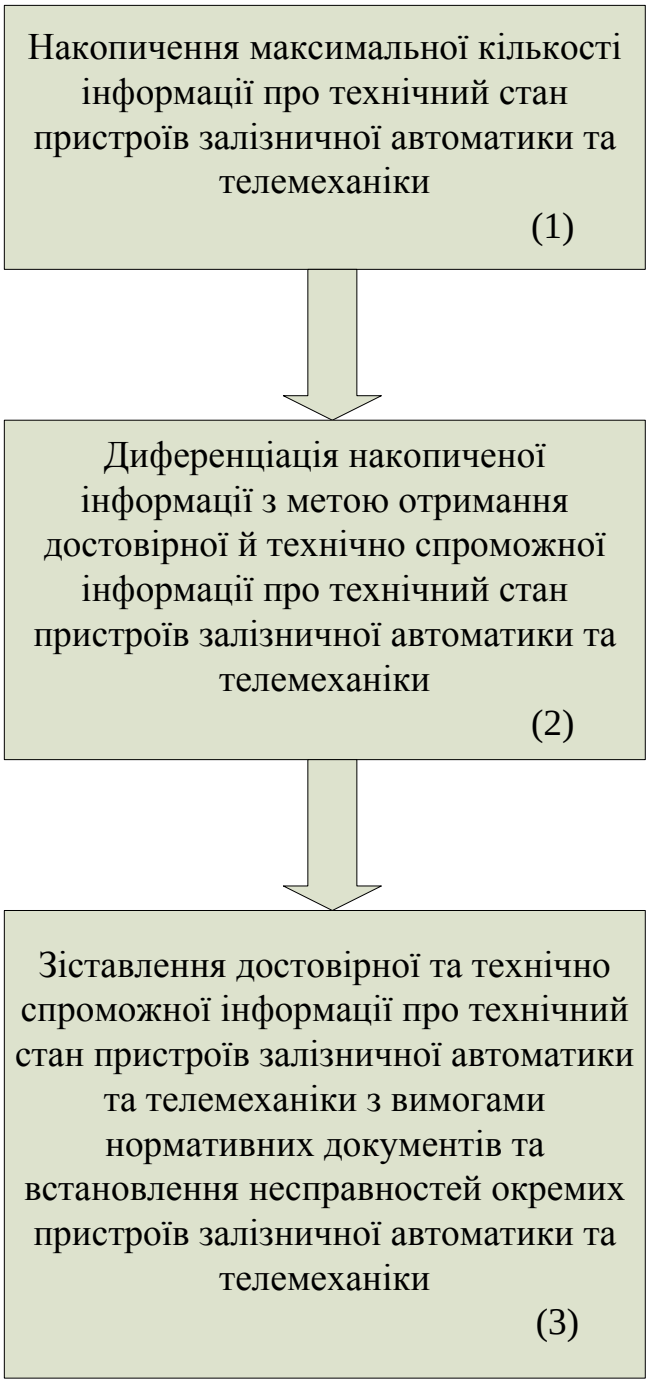


Рисунок 5.1 - Підпорядкована сукупність подій першої підсистеми узагальненої моделі механізму ЗТП

Розглянемо питання, що стосується посадових та фактичних дій осіб господарства сигналізації та зв’язку, в обов’язки яких входить утримання пристроїв ЗАТ в технічно справному стані в процесі їх експлуатації.

Встановлення фактичних дій осіб господарства сигналізації та зв'язку та встановлення невідповідності фактичних дій вимогам нормативних документів представляє собою процес пошуку сукупності, що знаходиться в динамічній взаємодії ланок, що складає другу підсистему узагальненої моделі механізму ЗТП.

Друга підсистема узагальненої моделі механізму ЗТП складається з п'яти етапів.

Перший етап передбачає встановлення кола осіб, в обов'язки яких входило утримання пристроїв ЗАТ в технічно справному стані (начальник дистанції, начальник дільниці, старший електромеханік, електромеханік).

Другий етап передбачає підбор нормативних документів, що регламентують необхідні дії осіб господарства сигналізації та зв'язку для утримання пристроїв ЗАТ в технічно справному стані. До вказаних нормативних документів відносяться: Інструкція ЦШ-0042 Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування, 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, Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШ-0060, посадові інструкції старшого електромеханіки та електромеханіка, що викладені в Довіднику кваліфікаційних характеристик професій працівників.

Третій етап передбачає встановлення фактичних дій осіб, в обов'язки яких входило утримувати пристрої ЗАТ в технічно справному стані. Наприклад, електромеханік СЦБ фіктивно виконав роботу згідно графіку технічного обслуговування пристроїв СЦБ.

Четвертий етап передбачає встановлення невідповідності фактичних та необхідних дій осіб, відповідальних за технічну справність пристроїв ЗАТ на дільниці виникнення транспортної пригоди. Наприклад, електромеханік СЦБ не виявив необхідну заміну пошкодженого пристрою СЦБ.

П'ятий етап передбачає встановлення взаємозв'язку між невідповідністю необхідних та фактичних дій осіб, відповідальних за технічну несправність

пристроїв ЗАТ та утворилась їх несправність, яка і призвела до виникнення транспортної пригоди. Підпорядкована сукупність подій другої підсистеми узагальненої моделі показана на рисунку 5.2.

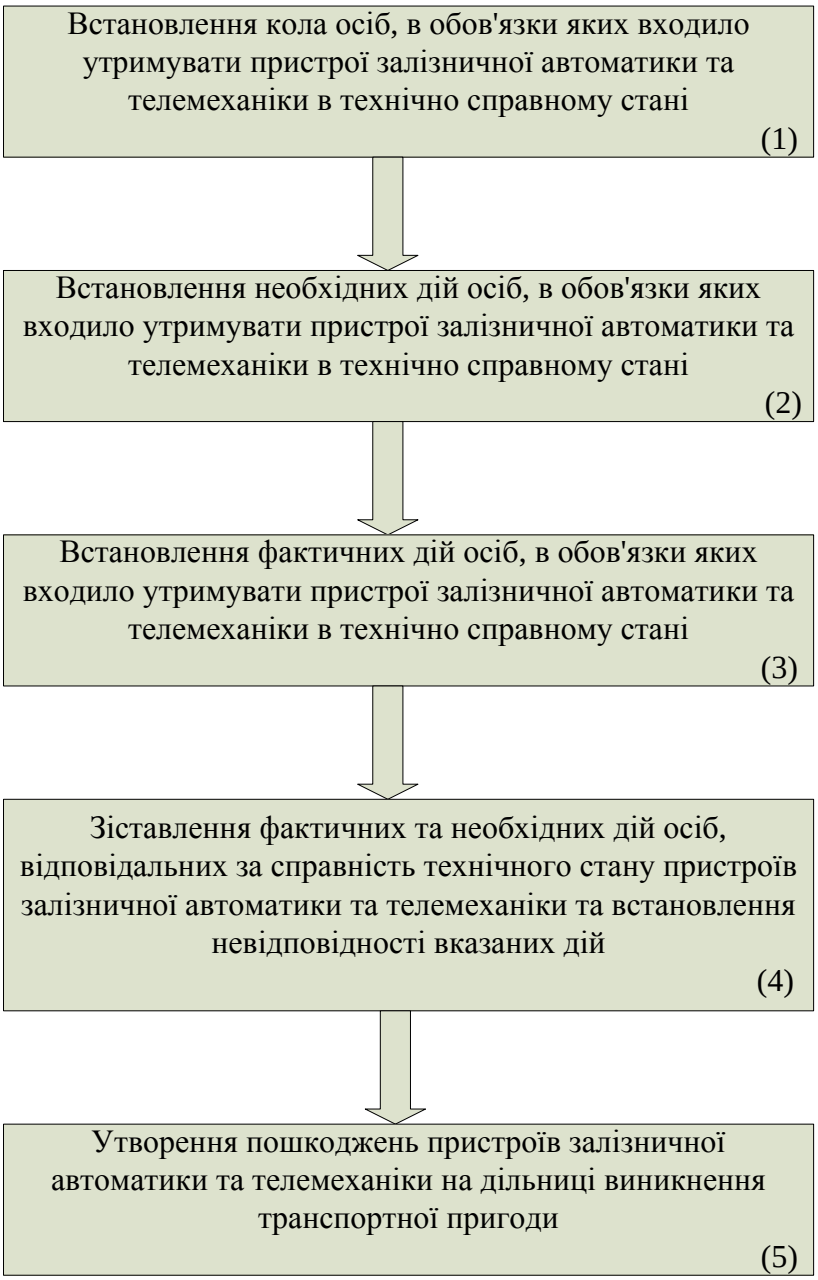


Рисунок 5.2 - Підпорядкована сукупність подій другої підсистеми узагальненої моделі механізму ЗТП.

На основі побудованих двох підсистем узагальненої моделі механізму ЗТП отримуємо форму об’єднаної моделі розглянутих підсистем (рисунок 5.3).

Рисунок 5.3 – Об’єднана модель підсистем узагальненої моделі механізму ЗТП

Форма об’єднаної моделі розглянутих підсистем організована у вигляді графічної структури (ланцюга), в якій проміжні події (другий та третій елементи),що утворюють стійкі причинно-наслідкові зв’язки, необхідно розглядати як технічні причини-посередники. Четвертий елемент ланцюга – невідповідність необхідних та фактичних дій осіб господарства сигналізації та

зв’язку - необхідно розглядати як безпосередньо технічну причину, яка призвела до утворення несправностей пристроїв ЗАТ (п’ятому елементу ланцюга).

Зв'язок, який утворюється між четвертим та п’ятим елементами вказаного ланцюга, відноситься до зв’язку породження, тобто до зв’язку, при якому одна подія (четвертий), що являється безпосередньою причиною, породжує другу подію (п’яте). Вказані два елемента представляють собою початкові ланки першого ланцюга узагальненої моделі механізму ЗТП. (рисунок 5.4.)

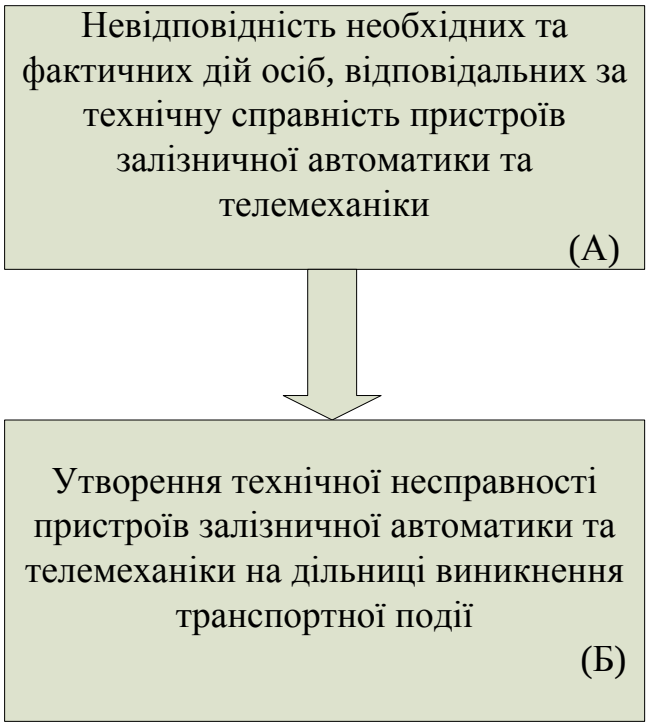


Рисунок 5.4 – Початкові ланки першого ланцюга узагальненої моделі механізму ЗТП

Після побудови форми об’єднаної моделі третьої та четвертої підсистем отримуємо ще один зв'язок породження, а ще дві події – невідповідність фактичних та необхідних дій осіб господарства сигналізації та зв’язку, що призвели до створення технічно несправних пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки, - представляють собою початкові ланки другого ланцюга узагальненої моделі механізму ЗТП (рисунок 5.5).

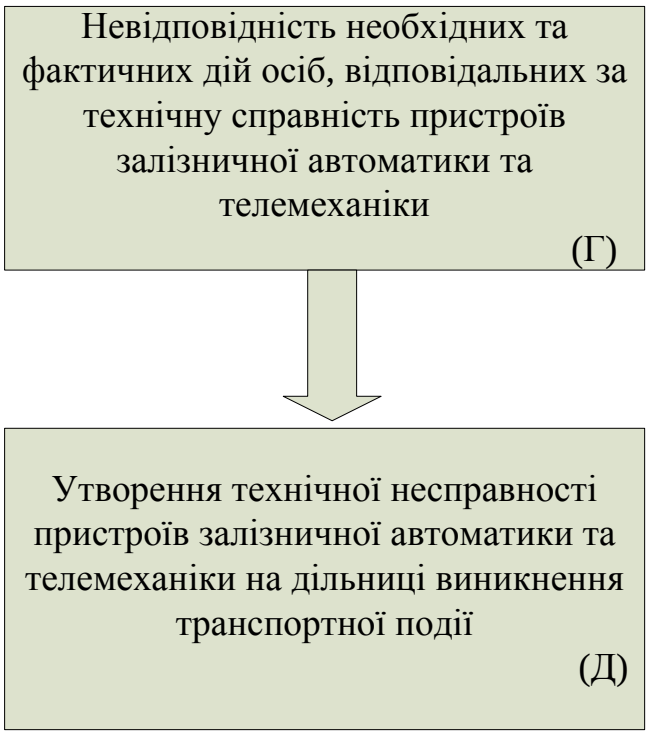


Рисунок 5.5 – Початкові ланки другого ланцюга узагальненої моделі механізму ЗТП

Надалі перейдемо до створення моделі розвитку позаштатної ситуації. Для цього розглянемо процес забезпечення безпеки на залізничному транспорті з позицій системного аналізу. Загальним системоутворюючим фактором є необхідність об'єднання зусиль по забезпеченню безпеки, їх структурування та оптимізація. Наслідком дії цього системоутворюючого фактора є необхідність розгляду загального поняття - системи забезпечення безпеки на залізничному транспорті. Система забезпечення безпеки формується безліччю своїх підсистем, зв'язків між ними, цілями функціонування, набором функцій, комплексом вирішуваних завдань.

Метою функціонування системи забезпечення безпеки є забезпечення максимально можливого рівня безпеки в умовах обмеженості матеріальних ресурсів.

Структура системи забезпечення безпеки включає до себе цілий ряд підсистем, які є самостійними системами, але характеризуються суттєвими зв'язками між собою та системами більш високого рівня, аж до системи управління залізничним транспортом України. Зокрема, система забезпечення безпеки містить підсистеми:

- матеріально-технічного забезпечення;
- кадрового забезпечення;
- загального інформаційного забезпечення;
- наукового забезпечення безпеки;
- профілактичної роботи, в тому числі по факторам: людському, організаційному (технологічному) й технічному;
- аналізу стану безпеки;
- управління безпекою.

Розглянемо деякі зв'язки між підсистемами аналізу стану безпеки та управління безпекою. Однією з істотних зв'язків між підсистемами аналізу та управління є корекція структури і функцій системи управління безпекою за результатами аналізу стану безпеки. Ефективність функціонування системи управління оцінюється системою аналізу. При істотній якісній зміні структури порушень, коригуються методики аналізу безпеки.

Сценарій розвитку позаштатної ситуації – послідовності подій, наступних один за одним з певною ймовірністю (в тому сенсі, що не обов'язково за подією «А» буде слідувати подія «Б», цілком можливо, що після «А» відбудеться «В» або деяка інша подія) до кінця цього ланцюга. Кінець ланцюга – виявлення й вживання заходів по недопущенню несприятливого розвитку подій, або транспортна пригода.

Розглянемо конкретну позаштатну ситуацію.

Вночі, при несприятливих погодних умовах сталося аварійне відключення основного та резервного електроживлення пристроїв автоблокування. Поїзний диспетчер відділення та черговий по станції при цьому не закрили дію автоблокування, відправили за наказом два вантажних потяги, створивши тим

самим аварійну ситуацію. Локомотивна бригада не проявила елементарної пильності, слідувала по перегону, без зупинки проїжджаючи прохідні світлофори що не горять зі швидкістю 12-20 км / год. В умовах вкрай обмеженої видимості не проводила спостереження за вільністю колії, допустила зіткнення з хвостовою частиною поїзда який зупинився у вхідного світлофора який забороняє рух зі швидкістю 22 км / год. При зіткненні пошкоджено 10 вагонів, перерва в русі потягів становить майже 6:00.

На рисунку 5.6 показана модель сценарію розвитку позаштатної ситуації, що призвела до транспортної пригоди. Першопричиною транспортної пригоди (подія 1) послужило аварійне відключення основного і резервного живлення автоблокування. Тут проявилося також негативна дія зовнішнього середовища - вкрай несприятливі погодні умови та нічний час доби (зовнішній фактор, показаний стрілкою знизу до першого блоку структури). Блок «&» представляє собою блок прийняття рішення (керуючої дії). Тут слід було поїзному диспетчеру прийняти рішення про закриття автоблокування і надалі, відповідно до ПТЕ, організувати рух на ділянці, тим самим перервати ланцюг несприятливих подій що зародилися (вихід з блоку прийняття рішення по стрілці вгору, на обробку виявленої події). Однак цього не відбулося і за наказом був відправлений на перегін перший потяг (подія 2).

Далі, до відправлення другого поїзда, можливі дії диспетчера: закрити дію автоблокування, дочекатися повідомлення про прибуття першого складу на станцію призначення або дати наказ на відправлення другого складу. У моделі це показано другим блоком прийняття рішення. Тут також є певна ймовірність перервати ланцюг несприятливих подій. Диспетчер, не усвідомлюючи цього, все-таки віддає наказ на відправлення другого складу (перехід на подію 3).

Локомотивна бригада веде поїзд в умовах вкрай обмеженої видимості (фактор зовнішнього середовища - стрілка знизу), в той же час не веде спостереження за вільністю колії (внутрішній фактор, що управляє дію на систему - стрілка зверху). В цій ситуації у локомотивної бригади є можливість виконати всі норми безпеки, зупинити поїзд, дочекатися дозволу на рух від диспетчера (третій

блок прийняття рішення в моделі і можливий перехід на обробку виявленої позаштатної ситуації). Однак, не дотримуючись належних норм безпеки, бригада продовжує рух і відбувається подія 4 - зіткнення з хвостовою частиною стоїть першого поїзда.

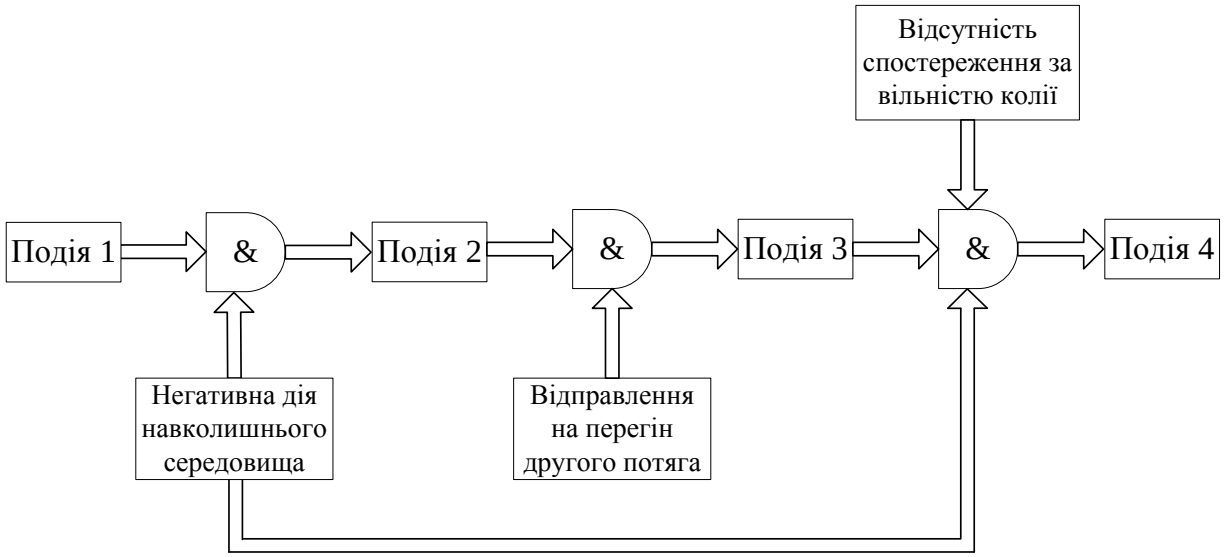


Рисунок 5.6 - Модель сценарію розвитку позаштатної ситуації

У моделі сценарію розглянутого транспортної пригоди було принаймні три можливості його запобігти і перервати розвиток ланцюжка порушень. В цьому випадку подіями - порушеннями безпеки (якби вони всі були зафіксовані) вважалися б фактор зовнішнього середовища (після події 1), неправильні дії диспетчера - людський фактор (після подій 2 й 3).

5.2 Аналіз причин та наслідків порушень

Визнання множинності причин транспортних пригод призводить до того, що на практиці при розслідуванні причин пригод виділення будь-якої основної причини, що відноситься до тієї чи іншої галузі залізничного господарства, у більшості випадків принципово неможливо і неплідно [4].

В роботі [5] пропонується підхід до оцінки безпеки перевезень та ризиків втрат, заснований на керівних вказівках з аналізу технологічних ризиків, які розроблені Технічним комітетом 56 «Надійність» Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК). Мета даної методики - кількісно визначити вірогідність переходу процесу руху за розрахунковий інтервал часу в одне з можливих позаштатних небезпечних станів та можливі втрати. Розв'язання поставлених задач виконується через частотний аналіз позаштатних небезпечних станів, який, в свою чергу, використовує наступні три підходи:

- використання та обробка статистичних початкових даних;
- розрахунок частоти подій за допомогою методів аналізу дерев подій або відмов (згідно стандарту МЕК 1025);
- застосування експертних оцінок.

Показник безпеки процесу руху визначається через показники безпеки: технічних засобів, дій технічного персоналу і зовнішнього середовища. Методика носить теоретичний характер, в ній не обумовлена процедура, що дозволяє наявні дані статистичного обліку щодо порушень безпеки привести до частотних характеристик відмов по групах. Не показані також принципи використання даної методики в управлінні безпекою.

Загальний методологічний підхід до вдосконалення системи обліку та аналізу даних про транспортні пригоди, прийнятий в комітеті з безпеки перевезень США [7], базується на наступних основних положеннях:

- кожна подія - це дефект в роботі транспортної системи;
- при правильному аналізі кожної події можна знайти шлях усунення цього дефекту;

- необхідно знати не тільки, що відбувалося при порушенні, але і чому це сталося, і що можна зробити для виключення повторення такого випадку;
- події розглядаються не як ізольовані події: аналіз відображає постійний пошук зв'язків та тенденцій в настанні подій. Для здійснення такого пошуку необхідно мати уявлення не тільки про специфічні обставини кожної події, а й про загальні закономірності, що діють у розглянутій галузі транспорту.

Крім того, дослідження рівня безпеки залізничної техніки повинні проводитися по відношенню до кожного типу технічних засобів декількома інстанціями незалежно: виробником, користувачем і, якщо можливо, міжвідомчими експертами.

Для реалізації кількісних підходів до оцінки безпеки велике значення має моделювання аварійних ситуацій. При цьому обсяг та форма емпіричної інформації повинні забезпечувати вивчення причин виникнення аварійних ситуацій, характер розвитку в часі та інших обставин, здатних вплинути на безпеку, тобто можливість фіксування й аналізу причинно-наслідкових зв'язків між різними факторами аварійності. Таким чином, необхідно використання великого обсягу статистичної інформації (баз даних), яка може бути основою для проведення імовірнісних оцінок інформації, що характеризує стан безпеки та аналізу потенційних ризиків.

Ризик є комплексним показником і може бути визначений як міра ймовірності небезпеки і ступеня тяжкості шкоди (наслідків) від порушення безпеки. Таким чином, безпека може визначатися як уявлення про допустимість ризику. Граничний рівень ризику не має якогось певного чисельного виразу. Кордон між безпекою і ризиком не є стійкою і визначається загальними та індивідуальними масштабами оцінки різних чинників. Він обмежений не тільки фізико-технічними межами, а й тим, що зі зростанням рівня безпеки витрати на подальше зниження ризику збільшуються прогресивно. В результаті з'являються економічні межі, з яких випливає необхідність проводити необхідні заходи з підтримки безпеки перевізного процесу шляхом компромісу між прагненням

громадськості до максимального рівня безпеки на транспорті та дотриманням економічних інтересів залізниць.

Використання чисельного аналізу та імовірнісних оцінок статистичних даних потребує розробки науково обґрунтованих методів і є предметом спеціальних досліджень.

Зважаючи на широту і досить високу складність аналізованої проблеми в останні роки при аналізі чинників, пов'язаних з порушеннями безпеки, дедалі більше отримують поширення сучасні методи, що базуються на спеціальній методології та широкому використанні теорії інформації та математичної логіки. Це відноситься до методів аналізу дерев відмов, подій та аналізу наслідків відмов. В основі цих методів лежить логіко-аналітичний метод встановлення причинно-наслідкових зв'язків між окремими подіями і можливими станами залізничної транспортної системи.

Загальною основою для вирішення завдань такої високої складності служать різні аналітичні та імітаційні методи, методи аналізу систем, системотехніки, дослідження операцій та інші. Серед кількісних аналітичних груп методів найбільш поширеними є різні матричні методи. Існує також ряд додаткових вимог, без урахування яких неможливо ефективне використання інформації, що характеризує стан безпеки:

- забезпечення повноти та достовірності масиву початкових даних;
- оперативність обробки інформації;
- отримання інформації в систематизованому вигляді, зручному для управлінської роботи;
- адекватна поставленим цілям систематизація початкових даних про порушення безпеки руху - це необхідний етап аналізу, який дозволяє провести розрахунки по кількісній оцінці рівня безпеки та вироблення керуючих заходів. Складність цієї проблеми передбачає використання спеціалізованих автоматизованих систем збору, обробки, зберігання та аналізу інформації про події, які характеризують рівень безпеки на залізницях.

Проведення системного аналізу, створення автоматизованої системи обліку та обробки статистичної інформації про порушення безпеки та проведення на цій основі цілеспрямованих заходів щодо зниження аварійності дозволило різко скоротити число сходів рухомого складу з рейок та зіткнень, що припадають на 1 млн. поїздо-км на залізницях Німеччини у 80-х роках.

Законодавство більшості країн європейської співдружності потребує проведення аналізу ризиків впровадження об'єктів з підвищеною небезпекою. У першу чергу його потребують підприємства хімічної, ядерної промисловості, швидкісний транспорт та інші. Подібний аналіз може виконуватися і на стадії використання систем, особливо при наявності нештатних ситуацій. Ці заходи направлені на задоволення потреб держави і населення у безпеці й можуть сприяти зменшенню рівня ризиків. Однак, останнє можливо за умови, якщо подібний аналіз здійснюється для зменшення аварійності, а не для зняття персональної відповідальності робітників за негативні наслідки небезпечних подій.

Процедура аналізу включає три основні етапи:

– попередній аналіз небезпек,
– встановлення послідовностей небезпечних подій;
– аналіз їх наслідків.

Порівняльна характеристика методів аналізу ризиків наведена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Методи аналізу причин порушень

Метод	Характеристика	Переваги	Недоліки
Попередній аналіз небезпек	Призначений для виявлення небезпек та елементів системи для наступного аналізу відмов та наслідків	Дозволяє формалізувати уявлення про можливі небезпеки та визначити елементи системи, що ушкоджуються при їх вії	Може застосовуватися тільки на етапі попереднього розгляду

Метод	Характеристика	Переваги	Недоліки
Аналіз наслідків відмов за їх видами	Розглядає всі можливі відмови елементів апаратури та по кожному встановлює можливі наслідки для роботи системи в цілому і елементу окремо	Достатньо простий, процедура регламентована, не потребує математичного апарату	Не враховує дію людинного фактора у відмовах техніки. Не враховує взаємну дію відмов. Потребує значних витрат часу
Аналіз критичності	Визначає і класифікує елементи системи за ступенем їх впливу на кінцевий результат функціонування системи	Достатньо простий, процедура регламентована, не потребує особливого математичного апарату	Часто не враховує відмови з загальної причини, ергономіку та взаємодію окремих компонентів системи між собою
Дерева відмов	На підставі ідентифікованої відмови визначаються супутні події, які можуть призвести до появи відмови системи	Відносна простота, наочність, дозволяє визначити взаємодію відмов та їх вплив на поведінку системи	Громіздкість, складність у сприйнятті та аналізі при збільшенні розмірності об’єкта дослідження. Неоднозначність математичного апарату
Дерева подій	На підставі базової дії визначаються й оцінюються альтернативні послідовності розвитку подій у системі	Дозволяє визначити послідовність реалізації результатів відмов та їх альтернативні шляхи їх розвитку	Не може бути застосований при паралельній послідовності подій, відсутня деталізація
Аналіз небезпек та працездатності	Розширений вид, аналіз причин та наслідків при зміні окремих параметрів	Ефективний для підприємств, що мають багато параметрів, які змінюються у часі	Недостатньо формалізований та описаний у літературі

На жаль, їх застосування на залізничному транспорті знаходиться у початковій стадії. При проведенні попереднього аналізу спочатку виявляють

джерела небезпеки (відповідальні функції системи, процеси, види діяльності, технології тощо). Надалі визначаються підсистеми (частки системи), пристрої, окремі вузли та їхні елементи, які можуть бути причиною нештатної небезпечної ситуації. Засобами досягнення розуміння ступеню небезпеки є інженерний аналіз системи, розгляд впливів зовнішнього та внутрішнього середовища, технологічних процесів роботи підприємства і самого обладнання. Особливої уваги заслуговують події з великими масштабами втрат навіть при дуже малій імовірності появи.

У такому випадку при виконанні аналізу застосовується класифікація небезпек. Наприклад, у аерокосмічній промисловості використовуються чотири класи небезпек, які розділяються за важкістю наслідків. Нижче, у таблиці 5.2, наведена форма запису результатів попереднього аналізу небезпек (ПАН) та зовнішній вигляд дерева рішень (рисунок 5.7) з [8].

Таблиця 5.2 - Форма запису результатів ПАН

Підсистема (операція)	Ситуація	Небезпечний елемент	Небезпечний стан	Умови появи небезпечного стану	Подія, що ініціює небезпеку	Характеристика потенційної небезпечної події	Наслідки	Клас небезпеки	Заходи по попередженню небезпек	Попередня оцінка
	2			5	6	7			10	11
Приготування маневрового маршруту	Не відкривається маневровий світлофор	Блок М1	Без струму маневрове сигнальне реле	Обрив обмотки сигнального реле	Неможливість здійснення маневрів	Відсутність контакту в роз'ємі блоку М1	Несвоєчасна подача вагонів	Захисна відмова	Регулювання та очищення контактів роз'єму блоку М1працівниками РТУ	Необхідність покращення контролю за роботою працівників РТУ

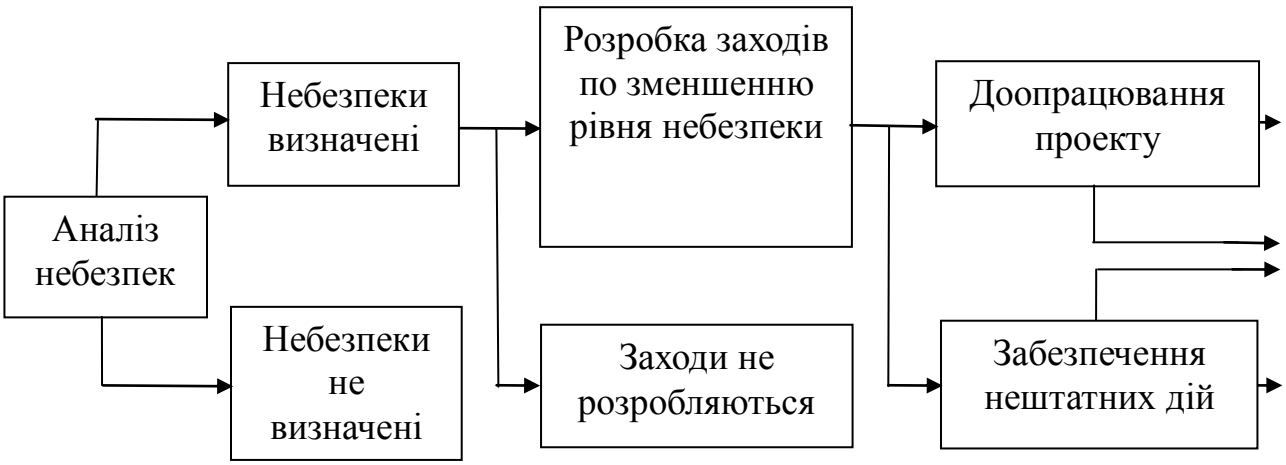


Рисунок 5.7 - Дерево рішень для ПАН

На другій стадії встановлюється послідовність небезпечних ситуацій за допомогою дерев відмов та подій. Перелік основних завдань, що вирішуються на даному етапі наведені на рисунку 5.8.

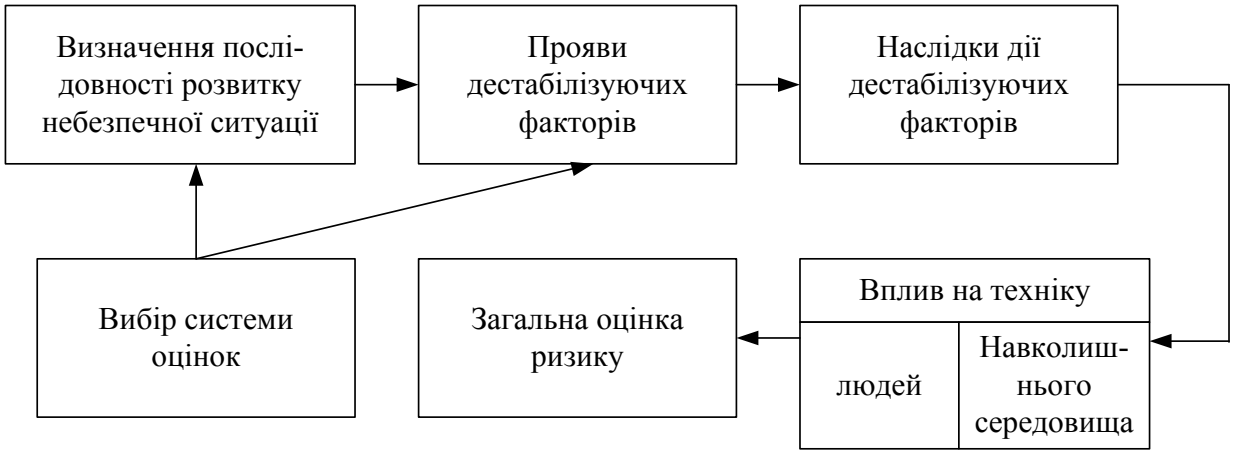


Рисунок 5.8 - Завдання, що вирішуються на стадії виявлення небезпечних послідовностей нештатних ситуацій

На кінцевій стадії дослідження ризиків проводиться аналіз наслідків та оцінка їх впливу на техніку, людей та навколишнє середовище. Як правило,

результати надаються у вигляді гістограм частот небезпечних подій. В принципі, ця гістограма представляє собою не що інше, як криву Фармера, яка є основою для моделі послідовного розвитку небезпечної події.

До інших видів можна віднести аналіз видів та наслідків (АВВН). На основі послідовного розгляду всіх елементів системи аналізуються їх можливі відмови, встановлюються аварійні ситуації та їх результуюча дія на роботу системи. Основним завданням є встановлення впливу відмови одного елемента на інші у відповідності до вимог документа IEE 279./97/.IOCFP50. На відміну від дерева відмов ця процедура є більш детальною, вона охоплює всі види пошкоджень, які властиві конкретному елементу. Після аналізу складається перелік необхідних перевірок, які слід виконати під час перевірки. Результуючим документом є карта перевірки, форма якої надана у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати аналізу видів пошкоджень та їх наслідків

Назва блоку чи елементу системи	Вид відмови	Причина відмови	Признаки відмови	Наслідки відмови, включаючи залежні відмови	Метод розпізнання	Методи локалізації відмов	Результат дії на систему
ПС-220	Неможливість переводу стрілки в мінусове положення	Злом контактів 121,123 реле ППСР	Відсутність контролю переводу стрілки	Затримка поїзду	Амперметр не показав навантаження роботи електродвигуна	Заміна блоку ПС-220 запасним	Неможливість приготування маршруту

Форма подання таблиці є довільною, у разі необхідності можуть вводитися дані щодо імовірності відмов.

Розвитком описаного вище метода є аналіз критичності. В його основі знаходиться схема класифікації за класами та категоріями. У [8] наведена схема класифікації з чотирма градаціями:

клас 1 — ефекти, якими можна нехтувати,

клас 2 — граничні ефекти,

клас 3 — критичні ситуації,

клас 4 — катастрофічні наслідки.

Товариство автотранспортних інженерів (SAE) також пропонує чотири категорії (методика, рекомендована для аерокосмічної техніки (ARD-926)):

- категорія 1 — відмова, що потенційно приводить до жертв,
- категорія 2 — відмова, що потенційно призводить до невиконання основного завдання,
- категорія 3 — відмова, що призводить до затримок у роботі, або втраті працездатності.
- категорія 4 — відмова, що призводить до додаткового незапланованого обслуговування.

Елементи можна класифікувати на основі коефіцієнта критичності Cr [9]

$$C_r = \sum_{i=1}^{N} \beta \, \alpha \, K_E \, K_D \, \lambda_G \, t \, 10^5, n = 1,2,\ldots,N, \qquad (5.1)$$

де Cr - коефіцієнт критичності у втратах на мільйон спроб;

n - кількість критичних відмов;

N - сумарна кількість відмов, які відповідають конкретному виду втрат;

λ_G - частота відмов;

K_D - коефіцієнт, що враховує різницю між розрахунковим та фактичним навантаженням елемента;

K_E - коефіцієнт, що враховує різницю між умовами роботи елемента під час заміни та очікуємими умовами експлуатації;

α - коефіцієнт, що враховує долю даної відмови в критичному стані системи;

β - умовна імовірність появи наслідків критичної відмови;

t - час роботи системи при виконанні заданої функції.

Розглянутий метод не дає повного уявлення про кількісну оцінку масштабів втрат. Його головним завданням є поліпшення якості системи й зменшення можливих негативних наслідків в результаті пошкоджень.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Характеристика проектованого об'єкта

В даному дипломному проекті виконується розробка програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності на прикладі Мелітопольської дистанції сигналізації та зв’язку Придніпровської залізниці.

Розглянемо робоче місце інженера групи надійності.

Інженер групи надійності є оперативним керівником дистанції сигналізації та зв’язку з організації технічного обслуговування та ремонту пристроїв автоматики, телемеханіки та зв’язку і відновлення їх дії при відмовах і пошкодженнях.

Основними посадовими обов’язками інженера групи надійності є контроль та координація роботи оперативно підпорядкованого йому персоналом. Посадові обов’язки інженера групи надійності включають в себе переважно роботу з документами, з персональною електронно-обчислювальною машиною (ПЕОМ) та стаціонарним телефоном.

Для інженера групи надійності встановлено 8-годинну денну робочу зміну сорокагодинного робочого тижня. Робоче місце інженера групи надійності знаходиться на другому поверсі Будинку зв’язку станції Мелітополь в приміщенні диспетчерської дистанції сигналізації та зв’язку. Головними елементами робочого місця інженера є стіл і крісло. Робоче місце обладнано стаціонарним телефоном та електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ). Основним робочим становищем є положення сидячи.

Електрозабезпечення від розеток з напругою 220 В.

6.2 Аналіз потенційних небезпек

Розглянемо робоче місце інженера групи надійності щодо виявлення небезпечних та шкідливих факторів.

Найбільш часто в приміщеннях з обчислювальними засобами людина піддається електричним небезпекам, так як при роботі інженера з ЕОМ чи іншими електроустановками (кондиціонерами, вентиляторами, світильниками тощо) можливе зіткнення з провідниками, що знаходяться під напругою. Найбільш поширеними видами небезпек, пов'язаних з електрикою, є висока напруга електрообладнання і можливість короткочасного контакту з металевими корпусами або елементами електрообладнання. Так само при роботі інженера групи надійності існує небезпека впливу статичної електрики.

В приміщеннях дистанції сигналізації та зв’язку існує небезпека виникнення пожежі. Сучасні пожежі виникають через причини неелектричного і електричного характеру. До причин неелектричного характеру відносять:

– необережне поводження з вогнем;

– неправильне влаштування чи несправність опалення;

– несправність обладнання і порушення режиму виробничого процесу;

– неправильне влаштування та несправність систем вентиляції та кондиціонування повітря;

– самозаймання, самозаймання окремих речовин;

– вибухи пилу, газів або парів.

Комп’ютер і працююча оргтехніка виділяє середню кількість тепла. Ступінь його виділення не можна назвати інтенсивним. Комп’ютер є причиною підвищення температури і зниження вологості повітря на робочому місці, що викликають роздратування шкіри. Однак підвищення температури незначні і системи кондиціювання повітря та регулярне провітрювання приміщення з ЕОМ та іншою оргтехнікою сприяють підтримці нормального здорового мікроклімату в приміщенні робочої зони інженера групи надійності.

Діяльність інженера групи надійності, що працює на ЕОМ, потребує напруження волі для забезпечення необхідного рівня уваги, що змушує докладати великі зусилля і супроводжується подальшим виснаженням енергетичних ресурсів організму. Праця інженера характеризується високим рівнем психічного навантаження, так як на інженера групи надійності покладаються функції контролера, координатора. Тому у нього можуть відзначатися головні болі, поганий сон, зниження бадьорості, працездатності. Інженер, працюючий на ЕОМ піддається різного роду інтелектуальним, емоційним, зоровим навантаженням.

За попередніми оцінками з урахуванням розглянутих вище чинників робота інженера групи надійності характеризується наявністю наступних шкідливих і небезпечних факторів:

– ураження електричним струмом;

– пожежна небезпека;

– недостатня освітленість робочої зони;

– підвищена температура і знижена відносна вологість повітря;

– підвищений рівень статичної електрики;

– відсутність або нестача природного світла;

– середня запиленість повітря робочої зони;

– підвищене інформаційне, статичне і нервово-емоційне навантаження.

6.3 Заходи щодо створення безпечних умов праці

Електричні установки, до яких відноситься все обладнання ПЕОМ, представляють для людини потенційну небезпеку. Вплив струму може призвести до електричної травми, тобто пошкодження організму електричним струмом або електричною дугою. Виключне значення для запобігання електричного травматизму має правильна організація обслуговування діючих електричних установок, встановлена "Правилами технічної експлуатації електроустановок

споживачів" (ПТЕ) і "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ). Приміщення, де знаходиться робоче місце інженера групи надійності, відноситься до категорії приміщень без підвищеної небезпеки, устаткування відноситься до класу до 1000 В. Інженер групи надійності працює з обладнанням на 220 В. Найбільш частими бувають випадки торкання рукою або іншими частинами тіла корпусів комп'ютерів і дисплеїв. Для запобігання електротравматизму в приміщенні інженера групи надійності застосовано електрична ізоляція електроустановок та заземлення розеток відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.ССБТ.

До організаційно-технічних заходів організації пожежної охорони входять: паспортизація горючих речовин, матеріалів, технологічних процесів і будівель з пожежної безпеки, розробка і реалізація правил та інструкцій з пожежної безпеки, дотримання протипожежного режиму. Приміщення інженера групи надійності обладнано пожежною сигналізацією та вуглекислотним вогнегасником типу ОУ2 (ВВК-1.4). На поверсі, де розташовано приміщення інженера групи надійності знаходиться пожежний стенд з наявним в ньому порошковим вогнегасником ВП-2 та розвішано план евакуації.

В приміщенні інженера групи надійності, обладнаному персональною електронно-обчислювальною машиною, штучне освітлення реалізовано за допомогою системи загального рівномірного освітлення. Встановлено 21 світильник типу ЛСП02 з двома люмінесцентними лампами в 3 ряди по 7 світильників. Їх перевагами є: економічність, великий термін служби, рівномірне освітлення в полі зору, відсутність теплових випромінювань, спектр випромінювання близький до спектру природного кольору. Також застосовано систему комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлено світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів на робочому столі). Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочих документів дорівнює 300 лк згідно вимог СанПіН 2.2.2.542-96 [12]. Місцеве освітлення не створює відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана не перевищує 300 лк.

Для забезпечення нормованої чистоти і метеорологічних умов повітря в робочій зоні приміщення, кондиціонування реалізовано за допомогою провітрювання через відкриття вікна відповідно до вимог БНіП 2.04.05-91 [13].

Згідно СН 512-78 [14] встановлено технічні нормативи з запиленості та загазованості повітря у приміщеннях з ПЕОМ, ГДК пилу дорівнює 6 мг / м $^{3.}$ Запиленість повітря в приміщеннях з ПЕОМ не перевищує 0,75 мг/м^3.

Для запобігання утворення та захисту від статичної електрики використовуються нейтралізатори, а підлоги мають антистатичне покриття, що відповідає Санітарно-гігієнічним нормам.

Відповідно до ГОСТ 12.2.032-78 конструкція робочого місця інженера групи надійності та взаємне розташування усіх її елементів відповідає антропометричним, фізичним і неординарним психологічним вимогам. Робоче місце до виконання робіт у становищі сидячи організовано відповідно до ГОСТ 12.2.032-78. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення інженера. Раціональна планування робочого місця передбачає чіткий лад і сталість розміщення предметів, коштів праці та документації. Те, що потрібно виконання частіше, лежить у зоні легкої досяжності робочого простору. Екран ВДТ розташовано на відстані 600...700 мм від очей користувача (Рис.6.1). Розташування екрана ВДТ забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30° до нормальної лінії погляду працюючого. Клавіатуру розташовано на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого.

Спостереження і дослідження останніх років виявили також доцільність встановлення у безпосередній близькості від дисплеїв горщиків з кактусами, присутність яких знижує інтенсивність і шкідливий вплив електромагнітного випромінювання дисплея.

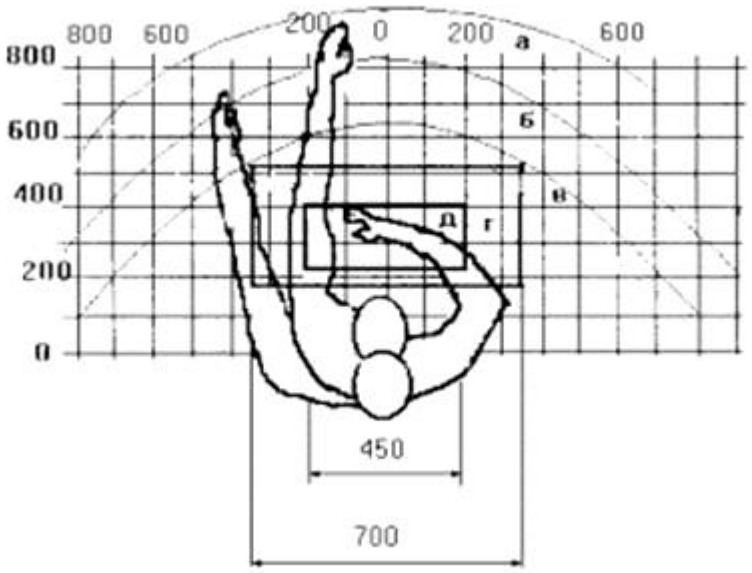


Рисунок 6.1 - Зони досяжності рук у горизонтальній площині

а - зона максимальної досяжності;

б - зона досяжності пальців при витягнутій руці;

в - зона легкої досяжності долоні;

г - оптимальний простір для грубої ручної роботи;

д - оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

6.4 Розрахунок освітленості робочого місця інженера групи надійності

Визначаємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p - h_c.$$

Висота приміщення

$$H = 3.8м.$$

Висота робочої поверхні столу з [15]

$$h_p = 0.8м.$$

Висота звису світильника від стелі

$h_c = 0.4 м$.

Підсумкова висота підвісу

$h = 3.8 - 0.8 - 0.4 = 2.6 \ м$.

Освітлювана площа приміщення:

$S = A \cdot B = 12 \cdot 6 = 72 м^2$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{72}{2.6 \cdot (12 + 6)} = 1.54$$

З урахуванням індексу приміщення, коефіцієнтів відбиття стелі стін і підлоги і типу обраного світильника визначаємо коефіцієнт світлового потоку ŋ:

$\eta = 25$

Світловий потік прийнятої лампи *Фл*, лм: З книг [16] і [17] обираємо характеристики, що відповідають типу лампи - ЛБ: напруга – 110±11 В, тривалість горіння- 5200 год (мінімальна) і 13000 год (середня), світловий потік після 100 год горіння 4800 + / -250 лм.

Таким чином, світловий потік *Фл* = 5050 лм. Потрібна кількість світильників:

$$N_c = \frac{100 \cdot E_{min} \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{n_i \cdot \Phi_л \cdot \eta \cdot K_y}$$

$K_з = 1.4$, $K_y = 0.9$ (Коефіцієнт затінення для приміщень з фіксованим положенням оператора),

$Z = 1.3$ (Коефіцієнт нерівномірності освітлення),

n i - кількість люмінесцентних ламп у світильнику.

Ми обираємо світильник з двома люмінесцентними лампами (*ni*-2).

$$N_c = \frac{100 \cdot 300 \cdot 1.4 \cdot 1.3 \cdot 72}{2 \cdot 5050 \cdot 25 \cdot 0.9} = 20 \ шт.$$

З розрахунків видно, що для приміщення інженера групи надійності потрібно N_C = 20 світильників типу ЛСП02. Значення N_C = 20 приймаємо до розміщення світильників.

6.5 Розробка раціональної схеми рівномірного розміщення світильників

Найкращими варіантами розміщення світильників у приміщенні є шахове розміщення або розташування світильників по сторонах квадрата (відстань *L, м* між світильниками в ряду і між рядами світильників рівні) при парному числі світильників. При розміщенні світильників з люмінесцентними лампами останні розташовують рядами - паралельно рядам обладнання або віконних отворів. Так само можуть бути передбачені розриви між світильниками.

Характеристики обраного світильника:

· Довжина Дсв = 1400 мм

· Ширина Шсв = 270 мм

· Висота Всв = 145 мм

· Дві лампи типу ЛБ потужністю по 65 Вт кожна.

Розміри приміщення 12х6 м. З урахуванням характеристик світильника отримуємо схему раціонального розташування світильників у приміщенні. Скористаємося розробленою методикою, що дозволяє раціонально розмістити світильники з люмінесцентними лампами в приміщенні. За конструктивними особливостями приміщення передбачає розриви між світильниками, якщо неможливо розмістити всі світильники в один ряд:

$$L_{\Sigma} = N_C \cdot L_C, \text{ де}$$

L_C *, м* - довжина світильника,

L_{Σ} *,м* - Загальна сумарна довжина світильників, розташованих в ряд.

$L_{\Sigma} = 20 \cdot 1,4 = 28\ м > 12\ м$

Таким чином, з аналізу величини L_{Σ} отримуємо, раціональним буде розміщення світильників в 3 ряди по 7 світильників в кожному. Для цього необхідно збільшити число світильників з 20 до 21. Перед проектуванням системи штучного освітлення потрібно перевірити фактичну освітленість у приміщенні при числі світильників 21:

$$E_{\phi_1} = \frac{N \cdot n_i \cdot \Phi_л \cdot \eta \cdot K_y}{100 \cdot S \cdot K_з \cdot Z} = \frac{21 \cdot 2 \cdot 5050 \cdot 25 \cdot 0.9}{100 \cdot 72 \cdot 1.4 \cdot 1.3} \approx 364 лк$$

Отримана фактична освітленість приміщення знаходиться в оптимальному діапазоні освітленості приміщення згідно [15]. Необхідна освітленість приміщення комп'ютерного класу забезпечується. Розраховану систему можна проектувати.

6.6 Цивільний захист

Надзвичайною ситуацією називається порушення нормальних умов життя людей на об'єкті або території, які викликані аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, великими пожежами, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських втрат і матеріальних збитків.

На території України можливе виникнення практично всього спектру небезпечних природних явищ і процесів геологічного, гідрогеологічного та метеорологічного походження. До них відносяться великі повені, катастрофічні затоплення, землетруси та зсувні процеси, лісові та польові пожежі, великі снігопади та ожеледі, урагани, смерчі та шквальні вітри, тощо.

На робочому місці інженера групи надійності в дистанції сигналізації та зв’язку можлива надзвичайна ситуація при виникненні наступних явищ:

- сильний дощ (злива)

- спека (вище 40 °С)

- шквальні вітри (смерчі)

- сильні снігопади (заметілі)

- аварійні ситуації при перевезеннях залізницею радіоактивних речовин і сильнодіючих отруйних речовин (СДОР)

- пожежі тощо.

Розглянемо надзвичайну ситуацію при виникненні пожежі в виробничому приміщенні будівлі «Будинку зв’язку станції Мелітополь». Будівля відноситься до категорії В (пожежонебезпечна) з пожежовибухобезпекою. Приміщення в будівлі «Будинку зв’язку станції Мелітополь» обладнані установками автоматичного пожежогасіння, вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ2 (ВВК-1.4).

Будівля «Будинку зв’язку станції Мелітополь» відноситься до зони класу П-II.

Пожежна безпека об'єкта «Будинку зв’язку станції Мелітополь» забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно-технічними заходами при його експлуатації.

Основними діями інженера групи надійності при пожежі є:

Терміново повідомити пожежну охорону по телефону 101 або 2-58, вказати при цьому точну адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, своє прізвище.

Організувати евакуацію людей з диспетчерської та матеріальних цінностей згідно затвердженому плану евакуації.

Повідомити про виникнення пожежі адміністрацію та чергового.

Вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію.

Перевірити включення в роботу автоматичних систем протипожежного захисту (оповіщення про пожежу, пожежогасіння).

При необхідності вимкнути електроенергію (за виключенням систем протипожежного захисту).

Зупинити всі роботи в будівлі, крім робіт по ліквідації пожежі.

Вивести всіх працівників, що не задіяні в гасінні пожежі.

Висновки

У кваліфікаційній роботі було розроблено програмно-апаратний комплекс АРМ інженера групи надійності дистанції сигналізації та зв'язку. Розроблена структурна схема програмно-апаратного комплексу АРМ інженера групи надійності. Визначено основні задачі, що вирішуються цією системою.

Проаналізовано стан безпеки руху поїздів в господарстві сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці по всім дистанціям сигналізації та зв'язку. Було виявлено об'єкти залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку, відмови в роботі яких найбільше впливають на безпеку руху.

Було розроблено схемні рішення знімання контрольної інформації про стан пристроїв СЦБ та зв'язку. В даному розділі було розраховано функціональну безпечність системи.

В кваліфікаційній роботі розглянуто форму моделі механізму виникнення залізнично-транспортної пригоди. Головним питання було проаналізовано причини та наслідки порушень пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку.

В розділі по охороні праці та безпеці при надзвичайних ситуаціях були розглянуті потенційні небезпеки для людини-оператора, та як ці небезпеки можна звести до мінімуму. Були проведені розрахунки щодо освітленості робочого місця інженера групи надійності. При дотриманні вимог НПАОП 0.00-1.31.-99, робоче місце інженера групи надійності відноситься до I або II класу, тобто оптимальне або допустиме.

Список використаних джерел

1 Мойсеєнко В.І. Організація та управління господарством сигналізації та зв'язку залізниць. - Харків: Транспорт України, 2003. - 220 с.

2 Демченко О.Ф., Ісаєв Л.О. Виробнича структура дистанції сигналізації та зв'язку: Навчальний посібник. - Харків: УкрДАЗТ, 2006. - 52 с.

3 Аналіз експлуатаційної роботи господарства сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці за 12 місяці 2021 року. № ШЦ - 10/02 від 14.01.2022. - Дніпропетровськ, 2012. - 16 с.

4 Heijer T., Wiggenraad P. Safety Management on Railways: International Overview. // Railway Safety Journal. - 2005. - Vol. 12. - P. 18-27.

5 CENELEC EN 50129:2018. Railway Applications - Communication, Signalling and Processing Systems - Safety Related Electronic Systems for Signalling. - Brussels: CENELEC, 2018. - 110 p.

6 Reason J. Managing the Risks of Organizational Accidents. - Aldershot: Ashgate Publishing, 1997. - 252 p.

7 Evans A.W. Rail Safety and Rail Privatisation in Britain. // Accident Analysis & Prevention. - 2007. - Vol. 39. - №. 3. - P. 510-523.

8 Самсонкін В.М. Моделювання в самоорганізованих системах / В.М. Самсонкін, В.А. Друзь, О.С. Федорович. - Донецьк: вид-во Заславський А.Ю., 2010. - 103 с.

9 Самсонкін В.М. Метод статистичної закономірності в управлінні безпекою руху на залізничному транспорті / В.М. Самсонкін, В.А. Друзь. - Донецьк: ДонІЖТ, 2005. - 160 с.

10 Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колеснікова, І.М. Писаревський; Під ред. Є.І. Балаки. - Харків: УкрДАЗТ, 2005. - 210 с.

11 ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. - К.: МОЗ України, 1998. - 20 с.

12 ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. - К.: Мінрегіон України, 2013. - 141 с.

13 ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. - 36 с.

14 ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. - К.: Мінрегіон України, 2019. - 133 с.

15 Справочна книга для проектування електричного освітлення / За ред. Г.М. Кнорринга. - К.: Техніка, 1992. - 448 с.

16 Айзенберг Ю.Б. Довідкова книга зі світлотехніки. - К.: Техніка, 1995. - 528 с.

17 Кустов В.Ф., Кустов Г.М., Добрянський В.М. Релейно-мікропроцесорна централізація стрілок і сигналів для промислового залізничного транспорту. // Залізничний транспорт України. - 2001. - №1. - С. 34-37.

18 Мойсеєнко В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина 1. Централізація стрілок та сигналів. - Харків: Транспорт України, 1999. - 148 с.

19 Глушков В.М., Капітонов Ю.В., Міщенко А.Т. Логічне проектування дискретних пристроїв. - Київ: Наукова думка, 1987. - 264 с.

20 Зінченко В.І., Майборода А.Ф., Кузьменко Д.М. Модернізація систем залізничної автоматики. // Залізничний транспорт України. - 2002. - №2. - С. 39-42.

21 Microprocessor Interlocking Systems. International Overview. // Railway Gazette International. - 1997. - №8. - P. 8-17.

22 Microprocessor-Based Interlocking for Secondary Lines. // Railway Gazette International. - 2001. - №2. - P. 61-63.

23 SIMIS IS Microprocessor Interlocking System on the Brünigbahn Railway. // Railway Gazette International. - 2006. - №3. - P. 55-60.

24 Системи мікропроцесорної централізації. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1997. - №9. - С. 15-21.

25 Мікропроцесорна централізація стрілок і сигналів. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1997. - №10. - С. 22-40.

26 Техніко-розпорядчий акт станції Городній, 28.08.2007. - №11-ДНН-4.

27 Демченко О.Ф., Ісаєв Л.О., Поддубняк В.Й. Станційні системи автоматики та телемеханіки. - Харків: Транспорт України, 2001. - 420 с.

28 Inose H., Hamada T. Road Traffic Control. - London: Butterworths, 1975. - 350 p.

29 Автоматика і комп'ютерні системи на станціях. Датчики та виконавчі пристрої систем централізації / О.Ф. Демченко, Л.О. Ісаєв, В.Й. Поддубняк та інші. - Харків: Транспорт України, 1999. - 142 с.

30 Мойсеєнко В.І., Бабій Б.А. Проектування електричної централізації. - Харків: УкрДАЗТ, 2004. - 310 с.

31 Сапожников В.В., Єлкін Б.М., Яковлєв В.М. Пристрої СЦБ, їх монтаж та обслуговування: Напівавтоматичне та автоматичне блокування. - Харків: Транспорт України, 2002. - 260 с.

32 Корнієнко В.В., Гончаров К.В., Дорохов М.М. Рейкові кола. Аналіз роботи та технічне обслуговування. - Харків: УкрДАЗТ, 2003. - 298 с.

33 Правила технічної експлуатації залізниць України. - К.: Транспорт України, 1995. - 256 с.

34 Програмовані контролери для систем управління. Частина 1. Характеристики мікроконтролерів і ПЛК / Г.І. Загарій, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов та ін. - Харків: Транспорт України, 2003. - 262 с.

35 Програмовані контролери для систем управління. Частина 2. Характеристики мікроконтролерів і ПЛК / Г.І. Загарій, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов та ін. - Харків: Транспорт України, 2003. - 262 с.

36 Ейнер І.Л., Козлов П.Ф., Мойсеєнко В.І. Автоматика, телемеханіка та зв'язок на залізничному транспорті. - Харків: Транспорт України, 2000. - 368 с.

37 Програмне забезпечення релейно-мікропроцесорної централізації станції Технічна Київ-Пасажирський. // Залізничний транспорт України. - 2002. - №6. - С. 38-41.

38 Кошевий С.В., Романчик В.Б., Божок О.Ф. Автоматизована система мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів малих та середніх станцій. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2006. - №4. - С. 3-8.

39 Релейно-процесорна та мікропроцесорна централізації стрілок та сигналів / Укрзалізниця. - Київ. - 2006.

40 Мойсеєнко В.І., Загарій Г.І. Надійність та діагностика систем електропостачання залізниць. - Харків: УкрДАЗТ, 2002. - 240 с.

41 Балака Є.І., Зоріна О.І. Економіка залізничного транспорту та будівництва. - Харків: УкрДАЗТ, 2004. - 380 с.

42 Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колеснікова, І.М. Писаревський; Під ред. Є.І. Балаки. - Харків: УкрДАЗТ, 2005. - 210 с.

43 Жидецький В.У. Основи охорони праці. - К.: Видавничий дім "САМ", 2002. - 152 с.

44 ДСТУ EN 61140:2015. Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти безпеки установок та обладнання. Заземлення та занулення. - К.: ДП "УкрНДНЦ", 2016. - 56 с.

45 ДСТУ 2273-93. Пожежна безпека. Загальні вимоги. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 24 с.

46 Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності. - Х.: УкрДАЗТ, 2004. - 38 с.

Додаток А

Ілюстративний матеріал

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Факультет Інформаційно-керуючі системи та технології

Кафедра Спеціалізовані комп'ютерні системи

Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності

Ілюстративний матеріал
для кваліфікаційної роботи (проєкту) бакалавра

Розробив студент IV курсу, групи 108-СКС-Д22, F7 – комп'ютерна інженерія

_____ Всеволод ЯРАНЦЕВ

«15» червня 2026 р.

Керівник д-р техн. наук, професор
_____ Сергій ДОЦЕНКО

«15» червня 2026 р.

Нормоконтролер д-р техн. наук, професор
_____ Сергій ДОЦЕНКО

«15» червня 2026 р.

Завідуючий кафедри д-р техн. наук, професор
_____ Валентин МОЙСЕЄНКО

«15» червня 2026 р.

2026

Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності

Студент

Яранцев Всеволод Олександрович

Спеціальність

F7 — Комп'ютерна інженерія
Освітня програма: Спеціалізовані комп'ютерні системи

Університет та кафедра

Український державний університет залізничного транспорту
Кафедра: Спеціалізовані комп'ютерні системи

Керівник

Доценко С.І.

2026

Актуальність проблеми

Залізничний транспорт є основою логістичної інфраструктури держави — він забезпечує масові перевезення вантажів і пасажирів, безпосередньо впливаючи на стабільність економічних процесів. Ключовою вимогою до функціонування галузі є забезпечення безпеки руху поїздів, що, у свою чергу, залежить від надійності систем СЦБ (сигналізація, централізація, блокування). Проте сучасний стан цих систем свідчить про наявність суттєвих проблем, що потребують системного вирішення.

Проблеми сучасних систем СЦБ

Зростання відмов

Значна кількість відмов пристроїв СЦБ призводить до збільшення затримок поїздів і зниження ефективності роботи мережі.

Старіння обладнання

Фізичне та моральне старіння значної частини парку обладнання ускладнює технічне обслуговування та підвищує ризики відмов.

Складність обслуговування

Відсутність інтегрованих інструментів діагностики робить виявлення несправностей трудомістким і затратним за часом процесом.

Недоліки існуючого підходу до моніторингу

→ Ручний збір інформації

Персонал витрачає значний час на ручне збирання та документування даних про стан обладнання.

→ Низька швидкість обробки

Відсутність автоматизованих систем аналізу призводить до затримок у прийнятті управлінських рішень.

→ Людський фактор

Висока залежність від суб'єктивних дій персоналу збільшує ймовірність помилок і пропуску критичних подій.

→ Відсутність автоаналізу

Немає систем автоматичного виявлення передаварійних станів та прогнозування відмов.

Мета, задачі, об'єкт та предмет дослідження

Мета дипломного проєкту: Розробка програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця (АРМ) інженера групи надійності, що забезпечує централізований моніторинг, діагностику та аналіз стану пристроїв СЦБ з метою підвищення надійності та безпеки залізничного руху.

Основні задачі дослідження

01

Аналіз структури дистанції

Детальне дослідження організаційної та технічної структури сигнальної дистанції, інвентаризація обладнання.

02

Дослідження технічних засобів СЦБ

Вивчення принципів роботи, технічних характеристик та слабких місць систем сигналізації, централізації та блокування.

03

Аналіз стану безпеки руху

Статистичний аналіз відмов, затримок поїздів та інцидентів за звітний період.

04

Визначення причин відмов

Класифікація та систематизація основних причин відмов пристроїв з виявленням ключових факторів ризику.

05

Розробка структурної схеми та схем збору інформації

Проектування архітектури комплексу, визначення каналів передачі даних та інтерфейсів взаємодії.

06

Моделювання аварійних ситуацій та оцінка ефективності

Побудова моделі аварійних ситуацій, прогнозування наслідків і розрахунок економічної ефективності впровадження.

Об'єкт та предмет дослідження

Об'єкт дослідження

Системи автоматики, телемеханіки та зв'язку залізничного транспорту — сукупність пристроїв і комплексів СЦБ, що забезпечують управління та контроль руху поїздів на дистанції.

Предмет дослідження

Методи контролю, діагностики та підвищення надійності систем СЦБ, а також програмно-апаратні засоби реалізації автоматизованого моніторингу стану обладнання.

Характеристика Мелітопольської дистанції сигналізації та зв'язку

Ключові показники дистанції

16

Виробничих цехів

6

АРМ

автоматизованих робочих місць

262

км колій

експлуатаційна довжина

17

Станцій ЕЦ

з електричною централізацією

52

Переїзди

під управлінням дистанції

Основні технічні засоби та їх функції

Електрична централізація (ЕЦ)

Централізоване управління стрілками та сигналами на станціях. Забезпечує маршрутизацію поїздів та унеможливлює небезпечні маршрути.

Автоблокування (АБ) та НАБ

Автоматичне регулювання інтервалів між поїздами на перегонах. НАБ застосовується на ділянках з меншою інтенсивністю руху.

Диспетчерський контроль

Централізований нагляд за поїзною ситуацією та станом технічних засобів у режимі реального часу з диспетчерського центру.

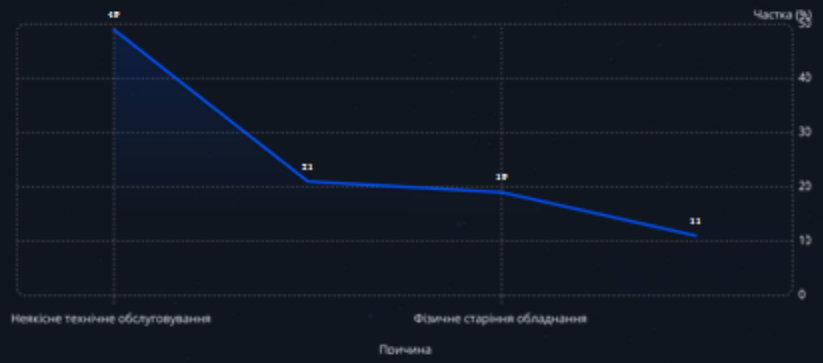
Радіо- та провідний зв'язок

Забезпечення оперативного зв'язку між диспетчерами, машиністами та черговими по станції для координації руху.

Аналіз безпеки руху: статистика та причини відмов

Статистичний аналіз роботи Мелітопольської дистанції виявив тривожні тенденції: збільшення затримок поїздів на ~55% порівняно з попереднім звітним періодом, зростання загальної кількості відмов пристроїв СЦБ та середній час відновлення працездатності обладнання, що складає близько 1,5 години. Ці показники свідчать про критичну необхідність модернізації підходів до технічного обслуговування.

Структура причин відмов пристроїв СЦБ



Домінуючою причиною відмов є неякісне технічне обслуговування (~49%), що вказує на системні організаційні проблеми, а не лише технічні.

Найбільш вразливі елементи та наслідки

Реле та трансформатори

Найбільш схильні до відмов через вік обладнання та нестабільність живлення. Потребують регулярного контролю ізоляції та параметрів спрацювання.

Блоки живлення

Відмови блоків живлення викликають каскадний вихід з ладу суміжних пристроїв, що суттєво збільшує час відновлення.

Кабельні мережі

Пошкодження кабельних мереж через зовнішні впливи (гризуни, механічні пошкодження, корозія) є важко прогнозованими і складними у пошуку.

Затримки поїздів, зниження рівня безпеки та прямі економічні втрати — невідворотні наслідки систематичних відмов пристроїв СЦБ без належного моніторингу.

Недоліки існуючої системи управління надійністю

Детальний аналіз існуючих методів і засобів управління надійністю на дистанції виявив комплекс взаємопов'язаних проблем організаційного, технічного та функціонального характеру. Всі вони в сукупності формують ситуацію критичної залежності від людського фактору.

Організаційні проблеми

- Відсутність централізованого моніторингу стану всіх пристроїв дистанції в єдиному інтерфейсі
- Повільний і нестандартизований обмін інформацією між цехами та керівництвом
- Розрізненість даних: кожен цех веде власну документацію без інтеграції
- Відсутність єдиної бази знань щодо причин відмов та способів їх усунення

Технічні проблеми

- Застаріле аналогове або морально зношене цифрове обладнання без підтримки сучасних протоколів
- Обмежені можливості вбудованої діагностики — більшість пристроїв не має засобів самодіагностики
- Відсутність автоматичного контролю параметрів у реальному часі з сигналізацією відхилень
- Несумісність інтерфейсів різних поколінь обладнання ускладнює інтеграцію

Функціональні обмеження

- Неможливість прогнозування відмов через відсутність аналізу трендів параметрів
- Складність статистичного аналізу через розпорошеність і неструктурованість даних
- Низька оперативність реагування: від виявлення до усунення несправності проходить значний час
- Відсутність інструментів автоматичного формування регламентної звітності

Ключова проблема: Значна залежність від людського фактору на всіх етапах — від збору даних до прийняття рішень — є системним ризиком, що не може бути усунутий без корінної автоматизації процесів.

Розроблений програмно-апаратний комплекс АРМ

Апаратний склад комплексу

ПЕОМ та робочі станції

Персональні комп'ютери операторів та інженерів з відповідним периферійним обладнанням для введення даних та відображення інформації.

Сервери різних рівнів

Ієрархічна серверна інфраструктура: сервери верхнього рівня (центральні) та середнього рівня (цехові) для розподіленої обробки та зберігання даних.

Мережеве обладнання

Маршрутизатор та концентратор Ethernet забезпечують надійну передачу даних між усіма вузлами системи в рамках корпоративної мережі.

Функціональні можливості АРМ

Моніторинг у реальному часі

Безперервне відстеження стану всіх пристроїв СЦБ дистанції з автоматичною сигналізацією відхилень від норми та відображенням поїзної ситуації.

Діагностика та аналіз відмов

Автоматизована діагностика несправностей з ідентифікацією типу відмови, локалізацією несправного елемента та формуванням рекомендацій щодо усунення.

База даних та звітність

Ведення структурованої бази даних відмов, архівація даних моніторингу та автоматичне формування регламентної та аналітичної звітності.

Виявлення передаварійних станів

Аналіз трендів параметрів пристроїв для завчасного виявлення передаварійних станів і запобігання відмовам до їх виникнення.

Трирівнева архітектура системи

Програмно-апаратний комплекс побудований за трирівневою ієрархічною архітектурою, що відповідає організаційній структурі залізничної дистанції. Кожен рівень виконує чітко визначені функції та взаємодіє з суміжними рівнями через стандартизовані інтерфейси на базі технології Ethernet.

Верхній рівень — Управління

АРМ керівництва дистанції та центральні сервери. Забезпечує консолідовану аналітичну обробку інформації з усієї дистанції, формування звітності та підтримку управлінських рішень.

Середній рівень — Цехи

АРМ виробничих цехів здійснюють первинну обробку даних, отриманих від польових пристроїв, та передачу агрегованої інформації на верхній рівень. Забезпечують оперативний контроль закріплених за цехом пристроїв.

Нижній рівень — Поле

Безпосередньо пристрої СЦБ, датчики та системи контролю на об'єктах інфраструктури. Формують первинні дані про стан обладнання в реальному часі та передають їх на середній рівень.

Модель аварійної ситуації та економічна ефективність

Модель аварійної ситуації

У рамках проєкту розроблено формалізовану модель аварійної ситуації, що охоплює весь цикл від виникнення передумов відмови до її ліквідації.

Визначення причин відмов

Класифікація технічних несправностей, впливу людського фактору та зовнішніх чинників (кліматичні умови, електромагнітні завади).

Аналіз сценаріїв розвитку

Моделювання можливих сценаріїв розгортання аварійної ситуації залежно від типу первинної відмови та стану суміжних систем.

Оцінка наслідків та прогнозування

Кількісна оцінка наслідків (затримки, збитки, ризики безпеки) та застосування моделі для завчасного прогнозування критичних ситуацій.

Економічна ефективність впровадження

Зменшення витрат на ремонт

Перехід від реактивного до превентивного обслуговування дозволяє суттєво скоротити витрати на аварійні ремонти та запасні частини.

Скорочення простоїв

Зменшення середнього часу відновлення та запобігання відмовам скорочує кількість і тривалість затримок поїздів, знижуючи прямі економічні втрати.

Підвищення продуктивності персоналу

Автоматизація рутинних операцій збору та обробки даних вивільняє час інженерів для вирішення складніших технічних завдань.

Термін окупності: Розрахунки економічної ефективності підтверджують, що впровадження комплексу окупиться приблизно за 2 роки за рахунок скорочення витрат на ремонт, зменшення простоїв і підвищення загальної ефективності управління надійністю.

Висновки

За результатами виконання дипломного проекту досягнуто всіх поставлених цілей та вирішено комплекс науково-технічних задач у галузі автоматизації управління надійністю систем СЦБ залізничного транспорту.

1 Комплексний аналіз систем СЦБ

Проведено всебічний аналіз систем сигналізації, централізації та блокування Мелітопольської дистанції, встановлено основні причини відмов і затримок поїздів, виявлено найбільш вразливі елементи інфраструктури.

2 Розроблено програмно-апаратний комплекс АРМ

Спроектовано і описано повнофункціональний АРМ інженера групи надійності на базі трирівневої архітектури з використанням Ethernet-мережі, що охоплює всі рівні організаційної ієрархії дистанції.

3 Автоматизація моніторингу та діагностики

Забезпечено автоматизацію збору, передачі та обробки інформації про стан пристроїв у реальному часі, суттєво зменшено вплив людського фактору на процеси контролю та прийняття рішень.

4 Підвищення рівня безпеки та доведена ефективність

Впровадження системи прогнозування передаварійних станів підвищує рівень безпеки руху поїздів. Розрахунки підтверджують економічну доцільність впровадження з терміном окупності близько 2 років.

Дякую за увагу!

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи бакалавра

на наявність ознак академічного плагіату

Відповідно до даних сервісу StrikePlagiarism.com кваліфікаційна робота «Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності», автора Яранцева Всеволода Олександровича містить 3,32 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконав

професор кафедри спеціалізованих

комп'ютерних систем УкрДУЗТ (підпис) Сергій ДОЦЕНКО

07.06.2023

StrikePlagiarism.com

Звіт не був оцінений

Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

Розроблення програмно-апаратного комплексу автоматизованого робочого місця інженера групи надійності

Автор	Науковий керівник / Експерт	ІД документу
Яранцев В..О.	**Доценко С.І.**	**334188125**

ОРГАНІЗАЦІЯ

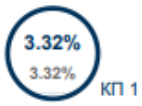
Назва організації	підрозділ
Ukrainian State University of Railway Transport	**Кафедра "Спеціалізовані комп'ютерні системи"**

ЗВІТ

Дата звіту	Дата редагування
2026-06-05	**---**

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



3013	21046
Кількість слів	Кількість символів