

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки та технологій  
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

**ДОВІДКА**

**про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі**

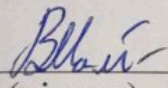
За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Стецюка Андрія Геннадійовича  
\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Розробка способів підвищення надійності функціонування системи диспетчерської централізації «Каскад»  
\_\_\_\_\_

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

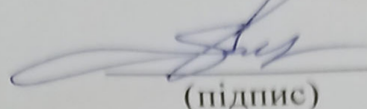
  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Маловічко Володимир Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
український державний університет науки і технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»  
Завідувач кафедри

  
(підпис)

Гаврилюк В.І.  
(ПІБ)

20 21 р. 12 « 16 »

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

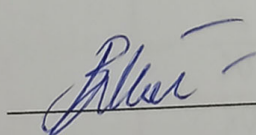
Галузь знань 27 «Транспорт»

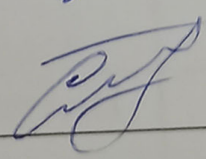
Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

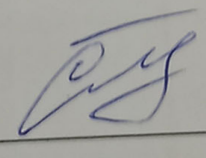
Освітня програма «Системи керування рухом поїздів»

**Тема** Розробка способів підвищення надійності функціонування системи диспетчерської централізації «Каскад».

**Theme** Development of ways to improve the reliability of the system of dispatching centralization "CASCADE"

Керівник дипломної роботи доцент  Маловічко В.В.

Студент групи СК2021 (969М)  Стецюк А. Г.

Student СК2021 (969М)  Andrii Stetsiuk

Дніпро  
2021

Український державний університет науки і технологій  
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»  
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність  
ОП

273 «Залізничний транспорт»  
«Системи керування рухом поїздів»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Стецюк Андрій Геннадійович  
(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема роботи** Розробка способів підвищення надійності функціонування системи диспетчерської централізації «Каскад».  
Development of ways to improve the reliability of the system of dispatching centralization "CASCADE"

Затверджена наказом по університету № 630-ст від « 19 » жовтня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Вступ	30	
2. Аналіз функціональних можливостей сучасних систем диспетчерської централізації	30	3
3. Характеристика та структура системи МСДЦ «КАСКАД»	60	3
4. Розробка способів підвищення надійності роботи та збільшення функціональних можливостей системи ДЦ «КАСКАД»	90	3
5. Аналіз можливостей об'єднання системи «КАСКАД» з сучасними інтелектуальними транспортними системами (ІТС)	90	2

Студент  
Науковий керівник

## РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 77 сторінок, 3 таблиці, 11 рисунків, 12 джерел літератури.

Ключеві слова: диспетчерська централізація ДЦ, центральний пост, лінійний пункт, сигнальна точка, підсистема контролю аналогових сигналів, супутникова навігація, функціональні можливості.

Завданням даної магістерської роботи є розширення функціональних можливостей МСДЦ «КАСКАД».

В першому розділі приведений аналіз систем диспетчерської централізації, обґрунтування впровадження систем ДЦ, принципи її побудови.

В другому розділі пояснювальної записки наведені функціональні схеми центрального поста, лінійного пункту, підсистеми диспетчерського контролю. Проведено аналіз елементної бази системи та особливості її технічного обслуговування. Виконано інженерно – технічний розрахунок пропускної спроможності каналу зв'язку.

В третьому розділі виконано впровадження в ДК «Каскад» функції телевимірювання для перегінних пристроїв. Приведені структурна та принципова схеми вимірювальних комплексів для сигнальної точки на перегоні. Проаналізовано можливості використання супутникової навігації в системі ДЦ, можливості ув'язки з системами ДК інших типів та з сучасними системами контролю та діагностування стану рухомого складу.

В четвертому розділі розглянуті можливості об'єднання системи МСДЦ «КАСКАД» з інтелектуальними транспортними системами і проаналізовано можливості використання для цього мереж Петрі та апарату штучних нейронних мереж.

## ЗМІСТ

Вступ	6
1. Аналіз функціональних можливостей сучасних систем диспетчерської централізації	8
1.1. ДЦ «НЕВА»	8
1.2. ДЦ «ЛУЧ»	9
1.3. ДЦ «Діалог»	10
1.4. ДЦ-МПК	12
1.5. ДЦ «ТУМС»	15
1.6. ДЦ «Сетунь»	16
1.7. ДЦ «ТРАКТ»	19
1.8. ДЦ «ЮГ»	21
1.9. Постановка задачі	23
1.10. Висновок	25
2. Характеристика та структура системи МСДЦ «КАСКАД»	26
2.1. Загальна характеристика диспетчерського кола, обладнаного системою МСДЦ «КАСКАД»	26
2.2. Програмно-апаратний комплекс центрального поста «ЦП КАСКАД»	28
2.3. Програмно-апаратний комплекс лінійного пункту «ЛП КАСКАД»	30
2.4. Основні модулі системи МСДЦ «КАСКАД» та особливості їх установки	33
2.5. Технічне обслуговування комплексу «ЛП КАСКАД»	38
2.6. Системи захисту модулів	40
2.7. Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД»	41
2.8. Розрахунок затримки часу передачі сигналу ТС	44
2.9. Висновки	48
3. Розробка способів підвищення надійності роботи та збільшення функціональних можливостей системи ДЦ «КАСКАД»	49
3.1. Принцип фіксації аналогових сигналів в сигнальній точці на перегоні	49

3.2 Вибір параметрів для діагностування сигнальної точки за допомогою ДК «КАСКАД»	49
3.3. Пропозиції по застосуванню в системі МСДЦ «КАСКАД» супутникового моніторингу транспорту FORT	51
3.4. Принцип роботи FORT - 300RW та ув'язка його з системою «КАСКАД»	54
3.5. Розширення функціональних можливостей FORT - 300RW при використанні в диспетчерській централізації	56
3.6. Узгодження роботи МСДЦ «КАСКАД» із системою контролю перегону АПК-ДК	59
3.7. Розрахунок тривалості передачі, частотного діапазону та активних фільтрів для ув'язки ДЦ «КАСКАД» та АПК-ДК	61
3.8. Розширення функціональних можливостей МСДЦ «КАСКАД» за рахунок узгодження із сучасними системами контролю, ідентифікації та діагностики рухомого складу	64
3.9. Висновки	67
4. Аналіз можливостей об'єднання системи «КАСКАД» з сучасними інтелектуальними транспортними системами (ІТС)	69
4.1. Класифікація інтелектуальних транспортних систем	69
4.2. Використання мереж Петрі для розвитку ІТС	70
4.3. Обробка діагностичної інформації за допомогою штучних нейронних мереж	72
4.4. Висновки	74
Загальні висновки	75
Перелік посилань	77

## ВСТУП

Залізничний транспорт перебуває винятково у сфері державного регулювання і в державній власності. З одного боку, це забезпечує його стабільну роботу навіть у кризових умовах, а з другого – створює загрози його майбутньому функціонуванню, оскільки держава не в змозі забезпечити необхідне фінансування, достатнє для сталого розвитку цього виду транспорту, без запровадження ефективного державно-приватного партнерства [1].

Україна володіє розвиненою інфраструктурою залізничного транспорту. За довжиною мережі залізниць Україна посідає друге місце у Європі (21,7 тис. кілометрів залізниць). Згідно з інформацією, наданою Головним управлінням автоматики, телемеханіки та зв'язку, при загальній довжині залізничних ліній Укрзалізниці пристроями диспетчерської централізації (ДЦ) обладнано:

Найменування	Всього	У тому числі:							Дисп. кіл
		ПЧДЦ	ЧДЦ	НЕВА	ЛУЧ	Мінськ	Каскад	Інші	
Дисп. централізація, км	4828,07	54,8	402,9	1696,04	334,9	504,3	1825,03	10,1	52
У тому числі одноколійна, км	2858,3	23	284,5	1180,44	334,9	264,71	760,65	10,1	26

Більшість з наведених системи застарілих типів: ПЧДЦ, ЧДЦ, «Нева», «Луч», «Мінськ», але вже з 90-х років, у зв'язку з подальшим розвитком засобів обчислювальної техніки, значним зменшенням їх вартості, почались інтенсивні роботи з розробки вітчизняних систем мікропроцесорної диспетчерської централізації (МПДЦ), мікропроцесорного диспетчерського контролю (МПДК), мікропроцесорних систем кодового управління (МСКУ).

В 2002 році систему впроваджено в дослідну, а з 2003 року – почалося впровадження МСДЦ «КАСКАД» на ділянці швидкісного руху поїздів Київ – Дніпропетровськ. Перший досвід експлуатації МСДЦ «КАСКАД» показав, що система в достатній мірі технологічна і повністю задовольняє потреби

робітників господарства перевезень. Крім цього, за свідченням персоналу дистанцій сигналізації та зв'язку, система надійна і практично не потребує обслуговування [2].

В магістерській роботі пропонується розширити функціональні можливості МСДЦ «КАСКАД» [3] за допомогою сучасних інтелектуальних транспортних систем (ІТС) супутникового моніторингу контрольованих об'єктів, ідентифікації рухомого складу, діагностики систем та нейронних мереж, контролю аналогових сигналів на перегоні та функцій телевимірювання. Це в перспективі дасть значно більше додаткової інформації обслуговуючому персоналу, дозволить прогнозувати та швидко виявляти небезпечні відмови, спростить роботу диспетчерів і покращить функції підсистеми «Автодиспетчер».

# 1 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

## 1.1 ДЦ «НЕВА»

Ця система прийшла на заміну ЧДЦ і є першою системою ДЦ циклічного типу.

Переваги ДЦ «Нева»:

- сигнал телесигналізації (ТС) циклічний, що не призводить черги при передачі і дозволяє виправляти помилки в наступному циклі оклику автоматично;
- за рахунок циклічного ТС з'явилась можливість застосування системи на розгалужених ділянках залізниці;
- в системі «Нева» апаратуру почали розміщувати в стативах, а не в чарунках, з'явилась функція автоматичного ведення графіку (поїздограф);
- автоматичне встановлення маршрутів (АУМ);
- на центральному пункті розміщений спеціальний статив ІЦ (вимірювальний), за допомогою якого ІН значно легше шукати несправності і є можливість тестувати стан апаратури ЦП і каналів;
- в стативі ІЦ виконане 100% дублювання всіх блоків так як ІЦ відповідає за передачу сигналу телекерування (ТК), що в свою чергу веде до підвищення надійності системи в цілому;
- можливість передачі станції на різні типи керування (диспетчерське, автономне, сезонне, резервне, місцеве).

У системі «Нева» використовується синхронна передача даних ТК з використанням частотної маніпуляції. Для передачі парних імпульсів використовуються частоти  $f_{Ч0} = 500$  Гц і  $f_{Ч1} = 600$  Гц, для передачі непарних імпульсів -  $f_{Н0} = 700$  Гц і  $f_{Н1} = 800$  Гц. Частоти  $f_{Ч1}$  і  $f_{Н1}$  передають логічну «1»,  $f_{Ч0}$  і  $f_{Н0}$  – логічний «0». Сигнал ТК починається з імпульсу синхронізації, переданого частотою  $f_{Ч1}$ , і містить 18 біт даних. Тривалість синхроімпульса - 144 мс, тривалість біта даних - 48 мс. Код станції займає 6 біт, код групи об'єктів - 4

біта, код об'єкта - 8 біт. Прийнята система кодування дозволяє керувати 20 станціями з 7 групами по 8 об'єктів, маючи всього 1120 керованих об'єктів. Передача даних ТС - асинхронна, з використанням частотної маніпуляції. Використовуються чотири канали з частотами 1025 і 1225 Гц, 1625 і 1825 Гц, 2225 і 2425 Гц, 2825 і 3025 Гц. Перша частота в кожному з каналів передає логічну «1», другий – логічний «0». Сигнал телесигналізації складається з стартового біта, двадцяти біт даних і стопового біта. Один сигнал несе інформацію про групу з двадцяти об'єктів, в кожному з каналів циклічно передається інформація по двадцяти трьох групах об'єктів, всього контролюється 1840 об'єктів. Під час двадцять четвертого циклу дані ТС не передаються, а приймається сигнал циклової синхронізації по каналу ТК. Тривалість передачі одного біта даних - 8 мс, повний цикл передачі (з паузами між групами ) займає 5376 мс.

## **1.2 ДЦ «ЛУЧ»**

На основі системи «Нева» була створена система «Луч» і вперше застосована в 1977-1978 рр., на одній з ділянок Білоруської дороги. Вона дозволяє керувати не тільки поїзною, але й маневровою роботою на проміжних станціях, передавати відповідальні команди, зокрема, змінювати напрямок руху на одноколійному перегоні. Деякі параметри системи, що відносяться головним чином до тракту передачі керуючої інформації, істотно відрізняються від параметрів системи «Нева».

В системі ДЦ «ЛУЧ» сигнал ТС і вся апаратура залишилась від системи «Нева», але за рахунок застосування лише одної частоти ТК (500 Гц) є можливість застосовувати перший канал ТС по 2-провідній лінії. В сигналі ТК використовується відносна фазова модуляція кожного імпульсу, що значно підвищує завадостійкість.

Основна ідея при розробці даної системи була в заміні елементної бази, таким чином майже вся апаратура в ДЦ «ЛУЧ» безконтактна. На лінійному пункті залишилось лише одне реле РЕЛ (в системі «Нева» було близько 100

реле), яке спрацьовує один раз коли команда приходить саме на даний лінійний пункт. Реле РЕЛ може працювати без заміни близько 20-25 років.

За рахунок безконтактної апаратури в тракці прийому сигналу ТК зменшується тривалість імпульсу (16 мс). В сигналі ТК 32 імпульси і весь сигнал передається за 0,5 сек. В системі «ЛУЧ» керують диспетчерським колом 4 диспетчера: поїздний, маневровий, енергодиспетчер, диспетчер служби Ш. Для координації їх сумісної роботи використовується окремий блок КРМ (комутація робочих місць). Крім цього, в системі ДЦ «ЛУЧ» вперше були введені відповідальні команди, тобто такі команди, виконання яких веде до порушення умов безпеки руху поїздів [4].

### 1.3 ДЦ «Діалог»

Будівництву ЦП системи «Діалог» передують визначення складу автоматизованих робочих місць працівників різних служб, планування їх розміщення в приміщеннях центру управління, проектування і прокладка ліній зв'язку, локальної мережі та ланцюгів електроживлення.

Мінімальний склад апаратури ЦП: АРМ ДНЦ - поїзного диспетчера, АРМ ШНД - чергового інженера посту. Згідно з протоколом передачі відповідальних команд у системі «Діалог» (введення команди здійснюється двома особами) і для координації роботи черговим по відділенню потрібна установка АРМ ДНЦО. Як правило, до складу апаратури ЦП також включаються АРМ ЕЧЦ-енергодиспетчера, АРМ ШЧД-диспетчера дистанції сигналізації та зв'язку.

Складність проектування ДЦ на діючих ділянках залізниць полягає в необхідності ув'язки її на станціях з різними системами ЕЦ. Особливістю проектування сучасних систем ДЦ, що базуються на мікропроцесорній техніці – є організація паралельного проведення проектних робіт і створення програмного забезпечення (ПЗ) системи.

## **Апаратура лінійного пункту**

В якості апаратури ЛП використовується спеціалізована мікро-ЕОМ типу БМ-1602 (надалі БМ), яка встановлюється в релейному приміщенні. Вона призначена для збору інформації про стан об'єктів контролю на ЛП, її обробки і формування сигналів ТЗ, їх кодування і передачі на ЦП, а також для прийому, декодування команд ТК і формування сигналів на виходах керуючих модулів, що впливають на пристрої ЕЦ безпосередньо або через управляючі реле.

Відповідальні команди реалізуються за дотриманням вимог безпеки руху поїздів, тобто з виключенням впливу на об'єкти керуючих сигналів у випадку відмов технічних засобів та їх елементів.

БМ має модульний принцип побудови. У корпусі мікро-ЕОМ встановлюються два блоки живлення, дубльований процесорний модуль зі схемою запуску і контролю та інтерфейсні модулі. У залежності від кількості команд ТК і сигналів ТЗ для конкретної станції у корпусі БМ можуть встановлюватися до 15 інтерфейсних модулів. Місце їх встановлення визначається при проектуванні і задається адресної налаштуванням.

Сигнали на виходах модуля зберігаються протягом часу, необхідного для реалізації команди ТУ. Тривалість цих сигналів задається в процесорних модулях програмно, тому, як правило, виключається необхідність в ланцюгах блокування керуючих реле.

На об'єкт управління (виконавче реле ЕЦ) можна впливати через проміжне реле і безпосередньо з виходу модуля. Керуючі реле, як правило, потрібні у випадку необхідності одночасного впливу в декількох місцях пристроїв ЕЦ для реалізації команди ТК.

При проектуванні схем включення виконавчих реле ЕЦ слід враховувати, що керуючий сигнал з виходу модуля може мати позитивну чи негативну полярність у залежності від полярності живлення, що подається у відповідні ланцюги ЕЦ.

Контакти керуючих реле модуля розраховані на навантаження до 1 А. До безпечних виходів повинні підключатися реле типу НМШ або РЕЛ з опором обмотки не менше 1400 Ом. Призначення кожного керуючого виходу модуля визначається при проектуванні на основі розробленої таблиці команд ТК для ЛП даної станції.

Для контролю стану об'єктів використовуються інтерфейсні модулі струмових виходів і модулі входів. Модуль струмових виходів має 31 опитувальний вихід, модуль входу - 16 сигнальних виходів для контролю стану дискретних об'єктів.

При одному модулі струмових виходів і одному модулі входів максимальна кількість контрольованих об'єктів на роздільному пункті 496. При використанні ще одного модуля входів їх число збільшується до 1008. При формуванні таблиці кодів ТЗ сигнали контролю збираються в групи по 16 виходів, які реалізуються у вигляді контактних груп реле контрольованих об'єктів, що мають один опитувальний вхід модуля струмових виходів. Однотипні виходи груп замкнуті через діодні комутаційні блоки (БДК), що дозволяє на кожному такті опитування контролювати стан об'єктів.

Конструктивно БДК виконаний в єдиному корпусі і має 32 сигнальних входи для з'єднання двох контактних груп. Конструкція блоку дозволяє встановлювати його на стативі в корпусі реле НМШ. Місце установки блоків і їх кількість визначаються при проектуванні.

#### **1.4 ДЦ-МПК**

В 1995 р. в Росії була розроблена система ДЦ-МПК. В 1996 р. система була адаптована для метрополітену. Особливістю даної системи є уніфікація її апаратури, завдяки чому можна суміщати апаратури ДЦ-МПК з системами ДЦ старого типу («ЧДЦ», «СКЦ», «Нева», «Луч»), і робити поетапну заміну апаратури. Крім цього, програмною частиною системи реалізовані всі особливості функціонування в метрополітені, що дозволяє застосовувати її в

метро без змінень апаратної частини. Апаратура центрального пункту керування і лінійних пунктів побудована на основі серійного випуску промислового обладнання, що забезпечує низьку собівартість системи, і як наслідок її конкурентоспроможність.

Система ДЦ-МПК забезпечує реалізацію функцій керування і контролю віддалених об'єктів і застосовується при диспетчеризації, автоматизації і концентрації керування. Система легко розширюється і адаптується до умов конкретного полігону керування при проектуванні і їх зміни на протязі часу експлуатації.

Система ДЦ-МПК складається з:

- пристроїв центрального пункту керування (ПК), які встановлюються у поїзного диспетчера і можуть бути з'єднані локальною мережею;
- апаратури лінійних контрольних пунктів (КП);
- каналів зв'язку між ПК і КП;
- каналів зв'язку і локальної мережі для об'єднання ПК з іншими системами і рівнями управління;

Апаратура ДЦ-МПК сумісна з інформаційними системами обчислювального центру; системами автоматизованої видачі попереджень і т.д. Для обміну інформації з вказаними системами використовується спорадичний спосіб передачі інформації.

ДЦ-МПК забезпечує передачу відповідальних команд за допомогою опломбованої кнопки відповідальних команд (КОП):

- аварійна зміна напрямку руху;
- переведення стрілок при помилковій зайнятості рейкового кола;
- штучне розмикання маршрутів;
- допоміжне відкриття переїздів;
- ввімкнення запрошувального вогню.

Для метрополітенів була введена додаткова відповідальна команда «Видача дозволу на користування запрошувальними сигналами при русі по з'єднувальній вітці».

Лінійний контрольний пункт являє собою комплекс програмно-апаратних пристроїв, які призначені для збору, оброблення, і передачі на пункт керування інформації про стан 2-х позиційних об'єктів. Апаратура лінійного пункту на 100% зарезервована. Обробка сигналів ТК, ТС виконується не комп'ютерами, а контролерами, використовується «гаряче» резервування, переключення комплектів виконується автоматично, а при необхідності вручну для виконання профілактичних робіт. Поява нової інформації на лінійному пункті визначається автоматично, і якщо об'єкт не змінив свого стану – інформація не передається. Інформація про діагностування пристроїв ЕЦ не передається на центральний пункт, а зберігається в ПК АРМ електромеханіка.

Основні переваги ДЦ-МПК:

- реалізація сучасних принципів управління експлуатаційною роботою за рахунок використання обчислювальної техніки;
- низька собівартість апаратури;
- скорочення зайнятої апаратурою площі, об'ємів і термінів проведення проектних робіт;
- можливість включення будь-яких діючих пристроїв лінійних контрольних пунктів по будь-яким каналам зв'язку;
- створення центрів диспетчерського керування з можливістю об'єднання АРМів диспетчерського персоналу різних служб в загальну локальну мережу.

Ефект від впровадження ДЦ –МПК:

- підвищення ефективності і праці, раціональне використання ресурсів диспетчерського апарату і обслуговуючого персоналу;
- покращення показників виконання графіку руху поїздів за рахунок розширення інформаційного забезпечення;

- покращення техніко-економічних показників використання локомотивного і вагонних парків;
- забезпечення найкращих режимів роботи локомотивних бригад;
- прискорений процес збору, передачі та збереження інформації і мінімізація інформаційних затримок;
- зниження енергоємності обладнання.

### 1.5 ДЦ «ТУМС»

Система ДЦ «ТУМС» застосовується вже більше 10 років на РЖД і використовується в якості міні-ДЦ, для керування малими станціями з однією опорною станцією. Частіше застосовується для керування роз'їздами. На Україні аналогом системи «ТУМС» є система «Навігатор». Основою системи «ТУМС» є сучасна елементарна база російського виробництва (все окрім ПК випускається в Росії).

Система ДЦ «ТУМС» має велику перевагу – у системі не має жодного гальванічного зв'язку з системою ЕЦ (навіть джерела живлення різні на станціях). Система складається з пристроїв керуючої станції і пристроїв станції, якою керують. На керуючій станції встановлюється комп'ютер з монітором та модем для зв'язку зі станцією якою керують. На останній встановлено стойку ТУМС і модем для зв'язку з керуючою станцією.

Функціональні можливості системи:

- система може керувати станціями з кількістю стрілок до 24;
- контроль до 296 трійників реле;
- дальність керування по фізичній лінії до 20 км (з використанням високочастотних каналів дальність не обмежена);
- час передачі сигналу  $T_K < 1$  сек.;
- час циклу опитування ТС – до 2 сек.;
- в якості фізичної лінії використовують кабель зв'язку.

Особливістю системи є те, що в ній застосовується 2 паралельних каналів зв'язку і сигнал ТС передається паралельно по двом каналам (що дозволяє на керуючій станції виявляти інформаційні помилки в каналі); сигнал ТК передається тільки по одному каналу. При цьому обирають канал з найкращими характеристиками.

**Апаратура керуючої станції.** У ДСП керуючої станції встановлено ПК з блоком адаптером СОМ-портів (для збільшення кількості СОМ-портів в ПК). За допомогою пристроїв діагностики можна виявити наступні несправності інтерфейсу:

- пробиття і перегорання діодів в матриці вхідних даних;
- обриви та замикання групових провідників;
- обриви та замикання інформаційних провідників;
- пробій транзисторів в модулях виводу;
- несправність каналів вводу модулів;
- хибне спрацювання об'єктних і групових реле;
- невиконання команди на збудження об'єктних і групових реле.

## **1.6 ДЦ «Сетунь»**

Система «Сетунь» є системою диспетчерської централізації нового покоління. Вона призначена для застосування на залізничних вузлах і ділянках залізниць при одно-або багатоколіїному руху поїздів з автономною або електричною тягою, адаптована до всіх діючих систем контролю та управління рухом рухомого складу.

Система «Сетунь» функціонально включає в себе сучасну систему телемеханіки високошвидкісним обміном інформацією між центральним постом (ЦП) і лінійними пунктами (ЛП). Система розрахована на використання будь-яких пристроїв автоматики на станції і перегонах. Довжина керованого і контрольованого поїзним диспетчером ділянки залізниці може коливатися від

200 до 1000 км в залежності від інтенсивності руху поїздів, а кількість керованих і контрольованих системою об'єктів практично не обмежена.

Основні технічні параметри:

- число ЛП на ділянці диспетчерського керування - до 32;
- число виділених каналів зв'язку - 1;
- число об'єктів керування на одному ЛП - до 264;
- число двохпозиційних об'єктів контролю на одному ЛП - 1024.

АРМ ДНЦ у складі диспетчерської централізації нового покоління на мікропроцесорній основі «Сетунь» - це складова і невід'ємна частина Єдиного диспетчерського центру управління перевізним процесом (ЕДЦУ). Така система ДЦ активно впроваджується в даний час на 11 дорогах Росії та СНД. АРМ ДНЦ «Сетунь» забезпечує автоматизацію діяльності поїзного диспетчера і виконує наступні основні функції:

- ведення моделі диспетчерської ділянки з визначенням поїзної ситуації та стану об'єктів управління та контролю;
- відстеження в автоматичному режимі фізичних номерів та індексів поїздів, їх швидкості, технологічних операцій з ними та ін.; автоматичного управління рухом поїздів при відсутності відхилень від заданого графіка;
- прогноз можливих відхилень від заданого графіка і надання рекомендацій диспетчерові по запобіганню цього відхилення;
- ведення графіка виконаного руху (ГІД) з його аналізом відображенням на екрані, а також диспетчерського та системного журналів з занесенням їх до архіву;
- управління швидкістю руху потягів, залежно від поїзної ситуації та стану колійних об'єктів;
- передача відповідальних команд телекерування на лінійні пункти;
- вибір режиму роботи (автоматичний, напівавтоматичний, ручний);

- обмін необхідною оперативної та довідкової інформацією з пристроями системи «Сетунь» сусідніх диспетчерських дільниць, а також з інформаційно-керуючими системами верхнього рівня.

Основними принципами побудови АРМ ДНЦ «Сетунь» є:

- інтелектуальна фільтрація вхідних повідомлень з використанням існуючих способів підвищення достовірності прийнятих повідомлень;
- активна об'єктна графіка для відображення поїзного положення;
- застосування математичних методів прогнозування на основі поточної оперативної інформації, довідкових нормативних даних і діючих обмежень;
- використання сучасних інструментальних інтелектуальних систем реального часу.

- забезпечення «холодного» і «гарячого» резервування;

Програмне забезпечення АРМу ДНЦ «Сетунь» підтримує наступні функціональні можливості:

- блокування та аварійне розблокування кнопок ТК;
- закриття шляхів та перегонів;
- підтвердження команд ТК;
- видача відповідальних команд (з використанням системи передачі відповідальних команд - СПОК);
- потрійне дублювання можливості посилки команд ТК;
- посилка команд ТК від електромеханіка з дозволу ДНЦ;
- повне ведення «чорного ящика» з наступним переглядом;
- відображення на екрані монітора практично будь-якої інформації;
- показ стану стрілки колірним поданням її номера;
- введення пароля по електронному ключу;
- прогнозування руху поїзда на кілька годин вперед з можливістю корекції за часом;
- робота з наказами.

## 1.7 ДЦ «ТРАКТ»

Диспетчерська централізація ДЦ «Тракт» - мікропроцесорна система яка застосовується на залізничному транспорті для забезпечення заданої пропускної спроможності і безпеки руху при диспетчерському керуванні пристроями сигналізації на станціях.

Апаратне і програмне забезпечення системи «Тракт» будується за модульним принципом, використовується архітектура багатомашинних мікропроцесорних систем з декількома рівнями інформаційної взаємодії та забезпечення безпеки функціонування, з автоматичним резервуванням та можливістю перерозподілу функцій. Система «Тракт» складається з пункту управління, контролюючих пунктів на станціях ділянки та комунікаційної підсистеми.

ДЦ «Тракт» виконує наступні функції:

- збір інформації про поїзному положенні на всіх ЛП;
- передачу інформації з ЛП на ЦП;
- прийом на ЦП інформації про поїзному положенні, що надходить з ЛП, у протоколах ДЦ «Тракт», «Нева», «ЛУЧ», та видачу її на екран моніторів автоматизованого робочого місця поїзного диспетчера;
- передачу команд телекерування з ЦП на ЛП в протоколах на ДЦ;
- прийом команд ТК з ЦП на ЛП;
- виконання команд телеуправління на ЛП;
- тестування всього комплексу і видачу сигналів несправностей його функціонування з точністю до визначення змінної одиниці (модуль) на монітор АРМ електромеханіка;
- архівування результатів роботи всіх вузлів системи;
- автоматичне ведення графіка виконаного руху;
- зв'язок (при наявності сполучення) зі суміжними автоматизованими системами управління і контролю.

Система «Тракт» складається з взаємозв'язаних підсистем пункту керування (ПК), контрольованих пунктів (КП) на станціях ділянки та комунікаційної підсистеми. Апаратура контрольованого пункту складає основний об'єм обладнання в системі ДЦ «Тракт».

Характеристики системи «Тракт»:

- максимальна кількість контрольованих пунктів (КП) на ділянці диспетчерського управління - 50;
- можлива кількість контрольованих об'єктів на одному КП – 1920 (пряме підключення);
- можлива кількість сигналів відповідального управління на одному КП - 96 (пряме підключення);
- час циклу ТС від 1,0 до 5,0 сек в залежності від швидкості передачі даних по каналах зв'язку;
- максимальний час сигналу ТК не більше 0,2 сек;
- швидкість передачі інформації по каналах ТУ/ТС - до 57600 біт / с;
- стійкість до імпульсних перешкод - до 4кВ.
- число ЛП на ділянці диспетчерського керування - до 32;
- число виділених каналів зв'язку - 4;
- число об'єктів керування на одному ЛП - до 1024.

Завдяки постійної глибокої самодіагностики система негайно визначає несправність та виводить на монітор комп'ютера необхідну для оперативного персоналу інформацію.

Змінний модуль легко встановлюється на штатне місце без вимкнення електроживлення. Система автоматично розпізнає його, проводить діагностику і включає у роботу, автоматично пов'язуючи з іншими комп'ютерами.

Характеристики безпеки та надійності:

- ймовірність трансформації повідомлення в каналах ТК не більше  $10^{-14}$ ;
- ймовірність трансформації повідомлення в каналах ТС не більш  $10^{-8}$ ;

- ймовірність втрати інформації в каналі ТК не більше  $10^{-10}$ ;
- ймовірність втрати інформації в каналі ТС не більш  $10^{-8}$ ;
- режим експлуатації - безперервний;
- коефіцієнт готовності системи - 99,9995;
- середній час відновлення працездатності системи ДЦ без урахування часу на прибуття ремонтного персоналу - не більше 15 хв.;
- гарантійний термін експлуатації - 24 місяці;
- встановлений термін зберігання до введення в експлуатацію - 12 місяців;
- середній термін служби - не менше 10 років;
- середнє напрацювання на відмову системи - не менше 50 000 год.

### 1.8 ДЦ «ЮГ»

Перша система ДЦ «Юг» була встановлена на початку 90-х років на Північно-Кавказькій залізниці.

В даній системі ДЦ на робочому місці поїзного диспетчера АРМ-ДНЦ, знаходиться ряд системних блоків, 3 монітора, клавіатура (для передачі команд ДЦ) і розширювач локальної мережі ЛРМ. До лінії можуть підключатися диспетчер ШЧ та Енергодиспетчер. Поряд з АРМ-ДНЦ знаходиться АРМ-ШН, який з'єднаний з сервером по окремій лінії. На лінійному пункті знаходиться 2 комплекти апаратури (основний і резервний), який з'єднаний з сусіднім лінійним пунктом або центральним постом. На кожній станції розміщені блоки РКП: РКП-ТУ, РКП-ТС, РКП-Ц.

РКП-ТУ монтується, як і всі РКП, на базі корпусу реле НМШ, і керує роботою восьми реле, які включають ЕЦ для відповідних маршрутів. На станції встановлено 7 таких блоків.

РКП-ТС слугує для введення контрольованих сигналів. Може контролювати до 20 об'єктів. На станції встановлено 6 таких блоків.

РКП-Ц потрібен для злагодженої та синхронної роботи всіх блоків РКП.

#### Інформаційні функції системи:

- телемеханічний контроль стану технологічних об'єктів (рейкових кіл, стрілок, сигналів, переїздів і т.д.);
- контроль стану встановлених маршрутів і маршрутів що встановлюються;
- діагностування пристроїв ДЦ;
- діагностування пристроїв СЦБ;
- введення динамічної поїзної моделі, контроль поїзного положення на перегоні, рухомого одиниць на перегоні з урахуванням номерів і індексів поїздів;
- реєстрація, відображення, друк ГИД;
- ведення баз даних по поїздам і простий доступ до них;
- протоколювання роботи системи;

#### Технічні показники системи:

- структура лінії зв'язку – радіальна, кільцева;
- число РКП на кільце зв'язку – не більше 15 (кількість станцій);
- число 2-х позиційних об'єктів керування – 1008, контролю – 2520;
- спосіб опитування об'єктів контролю – змішаний;
- час опитування об'єкта – до 5 сек.;
- передача команди – 0,5 сек.;
- модуляція каналів ТУ, ТС – частотна;
- швидкість передачі по каналам – не менше 1200 Бод;
- частота 1300 Гц – «1», частота 2100 Гц – «0».

#### Переваги системи «ЮГ» по зрівнянню зі старими системами ДЦ:

1. Спрощення та скорочення циклу підготовки пристроїв до передачі в експлуатацію;
2. Підвищення якості обслуговування системи, завдяки автоматичному і автоматизованому тестування РКП;

3. Скорочення об'єму проектних робіт на 30% і будівельно-монтажних на 70%;
4. Зменшення затрат монтажного проводу на 30%, кабельних та міжстативних з'єднань на 90%;
5. Стан об'єктів контролю фіксується з «сухих» контактів реле, або з ламп табло. Додаткові реле не встановлюються.
6. Енергоспоживання знижується приблизно в 12 разів. [2]

В розглянутих системах ДЦ є свої переваги та недоліки, але всі мікропроцесорні системи випускаються лише в Російській федерації і таким чином, на сьогоднішній день оптимальною системою ДЦ, для встановлення на залізниці України, є МСДЦ «КАСКАД», тому що вона єдина вітчизняного виробництва. Дана система виконана на сучасній мікроелементній базі, що дозволяє досягти високої надійності роботи, забезпечує високу пропускну здатність роздільних пунктів, підвищує безпеку руху. З перелічених систем багато функцій не реалізується в МСДЦ «КАСКАД», але з часом вони можуть бути впроваджені в систему при її модернізації.

### **1.9 Постановка задачі**

**Актуальність роботи.** Одним з перспективних напрямів вдосконалення технологічних процесів на залізничному транспорті є концентрація і централізація управління перевізним процесом, що можливе тільки при використанні сучасних систем диспетчерської централізації. Упровадження систем ДЦ і СКЦ, що забезпечують необхідну пропускну спроможність магістральних залізниць при високому рівні безпеки руху, дозволяє отримати значний техніко-економічний ефект: не тільки скорочується експлуатаційний штат, але і знімається або набагато відсовується необхідність виконання дорогих заходів щодо підвищення провізної здатності залізниць.

Система МСДЦ «КАСКАД» яка зараз впроваджується на залізничному транспорті України в достатній мірі технологічна і в основному задовольняє

потреби робітників господарства перевезень. Практика експлуатації показала, що система надійна і практично не потребує обслуговування. В той же час за останні 15 років які пройшли з часу створення системи техніка просунулась далеко вперед. В зв'язку з цим розширення функціональних можливостей даної системи є досить актуальною задачею.

**Метою роботи** є розширення функціональних можливостей системи МСДЦ «КАСКАД».

**Завданням роботи є:**

- розрахунок завантаження каналів системи «КАСКАД» та аналіз можливостей їх використання для передачі додаткової інформації;
- розробка способів узгодження системи МСДЦ «КАСКАД» з системами супутникової навігації.
- розробка засобів для реалізації функції телевимірювання в системі ДК «КАСКАД» з метою фіксації аналогових сигналів в апаратурі АБ та АПС.
- аналіз можливостей системи МСДЦ «КАСКАД» по ув'язці з додатковими системами діагностування рухомого складу.

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування системи МСДЦ «КАСКАД».

**Предмет дослідження** – методи та засоби покращення роботи системи МСДЦ «КАСКАД».

Для вирішення поставлених задач виконано розрахунки пропускної спроможності каналу та активних фільтрів на операційних підсилювачах, створені структурні схеми ув'язки системи МСДЦ «КАСКАД» з терміналом FORT - 300RW, створена принципова схема вимірювання аналогових величин в сигнальних точках перегону, розглянуті можливості приєднання до системи МСДЦ «КАСКАД» додаткових підсистем контролю стану рухомого складу та використання самої системи «КАСКАД» як вузла інтелектуальної транспортної системи ІТС.

### **1.10 Висновок**

У першому розділі був проведений повний аналіз систем диспетчерської централізації які використовуються на залізницях України, а також розглянуті основні функціональні можливості закордонних мікропроцесорних систем ДЦ. По результатам аналізу можна зробити висновок що система МСДЦ «КАСКАД» яка експлуатується на залізницях України може бути модернізована для розширення її функціональних можливостей. З цією метою можливо частково використати підсистеми та методи які вже впроваджені в закордонних системах ДЦ.

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СТРУКТУРА СИСТЕМИ МСДЦ «КАСКАД»**

### **2.1 Загальна характеристика диспетчерського кола, обладнаного системою МСДЦ «КАСКАД»**

Програмно-апаратний комплекс мікропроцесорної системи диспетчерської централізації МСДЦ «КАСКАД» впроваджується на ділянках залізничного транспорту з метою підвищення ефективності управління вантажними та пасажирськими перевезеннями за рахунок:

- автоматизації процесів збору та надання інформації про поїзне положення на регіоні управління;
- телеуправління пристроями електричної централізації лінійних станцій в автоматичному та напівавтоматичному режимах;
- підсилення контролю за станом об'єктів керування на підставі автоматично сформованої діагностичної інформації в реальному масштабі часу;
- автоматизації та максимального спрощення операцій по управлінню рухом поїздів;
- підвищення безпеки руху;
- зменшення впливу суб'єктивного фактора при прийнятті рішень;
- надання інформації користувачам різних рівнів та служб через локальну та глобальну мережі зв'язку;
- використання сучасних графічних інтерфейсів, єдиного інформаційного простору, оперативного об'єднання або роз'єднання диспетчерських ділянок.

Впровадження системи «КАСКАД» дозволяє комплексно вирішити проблеми, пов'язані з повним скороченням чергових по станціях, а саме: забезпечення надійного та високоякісного зв'язку, телеуправління роз'єднувачами енергопостачання, голосове сповіщення працівників та пасажирів, підключення систем пожежної та охоронної сигналізації, підключення систем осьових лічильників та інше.

МСДЦ «КАСКАД» спроектована з урахуванням наступних загальних вимог:

- ієрархічної організації комплексу згідно до побудови діючої структури управління перевезеннями;
- застосування клієнт – серверної технології обміну інформацією на підставі організації мережної взаємодії з сервером бази даних;
- модульної побудови програмно – апаратних комплексів;
- наявності централізованих засобів мережного і системного адміністрування;
- протоколювання роботи комплексу в цілому та окремих його компонентів;
- високої надійності функціонування інформаційного середовища та програмно – апаратних засобів, достовірності і захищеності інформації від несанкціонованого доступу;
- еволюційної побудови комплексу з можливістю нарощування функціональних можливостей;
- цілодобового режиму роботи всіх компонентів комплексу;
- забезпечення гнучкої адаптації до зміни умов експлуатації і організаційної структури;
- уніфікації програмних та апаратних модулів;
- резервування апаратних засобів. [3]

В магістерській роботі було розглянуто ділянки Владиславівка-Кіровська і Кіровська-Новофедорівка, які обладнані мікропроцесорною системою диспетчерської централізації «КАСКАД. Загальна протяжність ділянок 59 км при одному центральному пості (ЦП).

ЦП розташовується безпосередньо в центрі управління перевезеннями залізниці і складається з робочих станцій автоматизованих робочих місць

диспетчерського персоналу, об'єднаних локальною мережею, серверу, комунікаційного обладнання.

Комплекс центрального поста «ЦП КАСКАД» об'єднується з комплексами лінійних пунктів «ЛП КАСКАД» через кільцеву локальну мережу зв'язку в єдину комп'ютеризовану систему централізованого управління. Під управлінням знаходиться 17 лінійних пунктів, і 9 роздільних пунктів.

Дільниця диспетчерського керування, в залежності від географічного розміщення станцій та перегонів, кількості об'єктів керування, системи організації зв'язку, може складатися з одного або декількох сегментів. По даній структурній схемі наглядно видно, що вона складається з двох сегментів: до першого відносяться роздільні пункти Ст. №1, Ст. №2, Ст. №3 і Ст. №4; другого – Ст. №5, Ст. №6, Ст. №7, Ст. №8, Ст. №9. Роздільні пункти з колійним розвитком від 2 до 5 колій.

На розглянутій дільниці автономна тяга поїздів, переважно вантажний рух потягів, обладнана пристроями автоблокування. З структурної схеми видно що на ділянці знаходиться 4 переїзди, а саме на 94 км, 81+9 км, 55 км і 49 км; передбачений як одноколійний так і двоколійний напрямок руху (12 одноколійні і 3 двоколійні ділянки).

## **2.2 Програмно-апаратний комплекс центрального поста «ЦП КАСКАД»**

Програмно-апаратний комплекс «ЦП КАСКАД» виконує функції обробки, збереження, формування, захисту інформації, людино – машинний інтерфейс, підтримку глобальних та локальних мереж зв'язку.

До складу програмно-апаратного комплексу «ЦП КАСКАД», розташованого в центрі управління перевезеннями, відносяться:

- автоматизоване робоче (АРМ) місце поїзного диспетчера;
- автоматизоване робоче місце енергодиспетчера;
- автоматизоване робоче місце інженера СЦБ і зв'язку;

- локальна мережа АРМ;
- резервований сервер бази даних з робочим місцем системного адміністратора;
- канало-утворююча апаратура зв'язку;
- джерела безперебійного живлення;
- системне та прикладне програмне забезпечення.

Програмно-апаратний комплекс АРМ поїзного диспетчера забезпечує контроль перевізного процесу, який здійснюється на основі інформації отриманої від пристроїв СЦБ.

Інформація відображається на екранах кольорових моніторів у режимі реального часу та за заданий період:

- кольорове відображення поїзної ситуації у вигляді мнемосхем з позначенням номеру (назви) та стану об'єктів контролю;
- відображення рухомої одиниці (поїзду), його номеру та напрямку руху (голови і хвоста поїзду) з автоматичною реєстрацією проходження на дільниці;
- автоматичне ведення системного журналу з реєстрацією сигналів телеуправління, телесигналізації, діагностики та дій поїзного диспетчера за масштабом часу;
- відображення за минулі періоди часу (до 30 діб) поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на дільниці у вигляді комп'ютерної анімації (фільму) за будь-яким масштабом часу (реальним, прискореним, уповільненим, стоп, вперед/назад);
- інтерпретація процесу проходження поїздів на дільниці у вигляді графіку виконаного руху в режимі реального часу та за заданий період;
- відображення графіку прогнозного руху поїздів;
- відображення діагностичної інформації;

- аналіз стану перевізного процесу у будь-якому режимі часу з потрібним ступенем деталізації.

Розподіл інформації на кольорових моніторах виконується за умовами оптимального керування поїзним диспетчером перевізного процесу. Кількість моніторів вирішується на етапі проектування в залежності від кількості та складності станцій на ділянці, мінімально - три. Для цього забезпечується відображення:

- комплексного поїзного положення на ділянці;
- детальної мнемосхеми однієї із станцій керованої ділянки;
- графіків руху, іншої інформації.

Програмне забезпечення комплексу складається з операційної системи (ОС) - середовища виконання процесів, та комплексу прикладного програмного забезпечення (ПЗ) орієнтованого на виконання завдань управління процесом перевезення. В якості операційної системи в МСДЦ «КАСКАД» використовується ОС «LINUX», яка пропонує розвинуті обчислювальні, мережеві, графічні можливості для виконання прикладних процесів.

Прикладне програмне забезпечення «ЦП КАСКАД» побудоване за модульним принципом, максимально уніфіковане, розроблене з використанням сучасних інструментальних засобів, забезпечує високий рівень супроводження і максимальну незалежність від апаратної платформи.

## **2.3 Програмно-апаратний комплекс лінійного пункту «ЛП КАСКАД»**

Програмно-апаратний комплекс «ЛП КАСКАД» розроблений у відповідності до вимог, що пред'являються до систем промислового призначення високої надійності, забезпечує безперервний режим функціонування в умовах постів електричної централізації, резервування, діагностування обладнання. До складу комплексу «ЛП КАСКАД» входять уніфіковані модулі кількості та їх типи визначаються на етапі технічного проекту

в залежності від складності об'єкту автоматизації (стрілки, сигнали, колії, переїзди та інше). Конструктивно модулі монтуються в електронні крейти, які відповідно змонтовані в пілозахисній шафі. Підключення до пристроїв СЦБ, зв'язку або інших виконується через кросове поле (монтажні колодки), яке розташоване на задній стіні пілозахисної шафи. Чисельність та склад модулів визначається та етапі технічного проекту на основі даних таблиці 2.1.

У таблиці наведені основні типи модулів, що входять до складу «ЛП КАСКАД». Подальше розширення функціональних можливостей комплексу потребує розробки нових типів уніфікованих модулів.

Таблиця 2.1

Основні типи модулів, що входять до складу «ЛП КАСКАД»

№ п/п	Назва	Умовна назва	Порти вводу/ виводу
1	Модуль телесигналізації	“КАСКАД-ТС”	48
2	Модуль телеуправління	“КАСКАД-ТУ”	32
3	Модуль телеуправління відповідальний	“КАСКАД-ТВ”	12
4	Модуль модему	“КАСКАД-ММ”	4
5	Модуль мікропроцесорного контролеру	“КАСКАД-МП”	2
6	Модуль вторинного живлення	“КАСКАД-ВЖ”	-
7	Модуль електронного крейту	“КАСКАД-КР”	-

У цілому комплекс «ЛП КАСКАД» побудовано за принципом двоканальної системи з незалежними каналами зв'язку.

Для забезпечення високої надійності та функціонування системи в різних режимах резервування в складі «ЛП КАСКАД» передбачено дві локальних міжмодульних мережі. Основний та резервний комплекти мають свою незалежну шину, джерело живлення, основну і резервну мережу. В свою чергу доступ до модулів (основного і резервного) може відбуватись з обох мереж. В разі пошкодження однієї з мереж або модуля, система продовжує

функціонувати, при цьому діагностика стану пристроїв реєструє відповідну несправність.

Комплекс «ЛП КАСКАД» конструктивно побудований згідно з рекомендаціями міжнародного стандарту IEC 297 (DIN 41 494). У складі комплексу - шафа (штатив) в якій розташовані 19 - дюймові крейти «Еuroас» для розташування електронних модулів та кросове поле для підключення кабелів ув'язки з пристроями автоматизації.

Функціональна схема програмно-апаратного комплексу «ЛП КАСКАД» підтримує наступні основні режими:

- ✓ двоканальної системи з незалежними каналами проходження інформації, при цьому інформація дійсна тільки у випадку, коли вона співпадає по двох каналах (два з двох). Підтвердженням проходження інформації є наявність сигналів зворотного зв'язку від кінцевих модулів та об'єктів управління. У такому режимі система може діяти як захищена, відповідальна без зниження ступеню захисту;

- ✓ двоканальної системи з незалежними каналами проходження інформації, при цьому інформація дійсна тільки у випадку, коли вона співпадає по двох каналах (два з двох). При наявності відповідального наказу система в місці виникнення пошкодження використовує обхідні шляхи для продовження дії пристроїв, але ступінь захисту в окремих випадках може знижуватись;

- ✓ одноканальної системи з «гарячим» резервуванням всіх складових комплексу. У разі пошкодження в робочому каналі та при наявності відповідального наказу система переходить на резервний канал, а система діагностики дозволяє виявити та зафіксувати місце пошкодження в основному каналі (через резервний) до рівня модуля;

- ✓ одноканальної системи з «гарячим» резервуванням частини складових комплексу: модулів телеуправління, телесигналізації або інших. У разі пошкодження модулів вводу/виводу в схемах узгодження з пристроями СЦБ (найбільш вірогідна ситуація), та при наявності відповідального наказу

система переходить на резервні модулі, а система діагностики дозволяє виявити та зафіксувати місце пошкодження до рівня модуля;

✓ одноканальної системи без резервування складових комплексу. У разі пошкодження система частково може зберігати дію, але потребує невідкладного ремонту.

## **2.4 Основні модулі системи МСДЦ «КАСКАД» та особливості їх установки**

Функціонально модулі поділяються на три категорії:

- модулі взаємодії з пристроями СЦБ (вводу/виводу): «КАСКАД-ТС», «КАСКАД-ТУ», «КАСКАД-ТВ»;
- загальносистемні модулі: «КАСКАД-МП», «КАСКАД-ММ»;
- модулі живлення та електронного крейту: «КАСКАД-ВЖ», «КАСКАД-КР».

Кожен з модулів першої категорії взаємодіє з мікропроцесорним контролером через міжмодульну послідовну локальну мережу. Локальна міжмодульна мережа забезпечує зв'язок між модулями взаємодії з пристроями СЦБ та модулем контролеру міжмодульної мережі який в свою чергу через системну шину (ISA96) взаємодіє з мікропроцесорним контролером.

### **Модуль телесигналізації «КАСКАД-ТС.2408»**

Модуль телесигналізації «КАСКАД-ТС.2408» забезпечує дискретну реєстрацію електричних сигналів, які вилучаються з пристроїв станційної автоматики. Кількість каналів в одному модулі – 48.

Для розмежування електричних кіл мікропроцесорних пристроїв та релейних схем централізації кожен канал має гальванічну ізоляцію, яка забезпечується за рахунок використання оптронів (рис.2.1, а).

Випромінювальна частина кожного оптрону складається з двох світлодіодів, що включені у протилежній полярності. Використання такого

схемного рішення дозволяє фіксувати наявність напруги як постійного, так і змінного струму. Схема, що складається з резисторів R4 – R12, необхідна для обмеження струму через світлодіоди оптрону, а також для протидії електромагнітним завадам, в першу чергу несиметричним.

По загальному проводу канали модулів об'єднані по три, на схемах узгодження з пристроями СЦБ кожен канал модулю відображається окремо або об'єднано, як показано на (рис. 2.1, б).

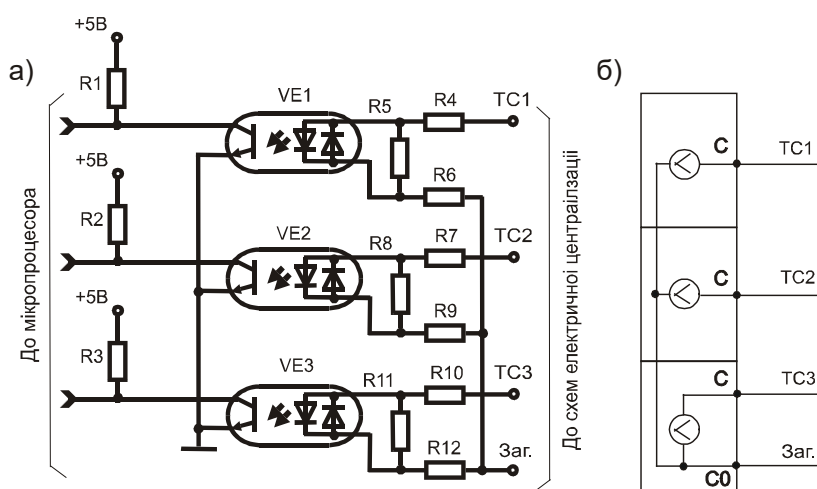


Рис. 2.1 Принципова схема та умовне позначення входних кіл каналів модуля телесигналізації

### Модуль телеуправління «КАСКАД-ТУ.2406»

Модуль телеуправління забезпечує комутацію кіл електричної централізації. На принциповій схемі (рис. 2.2, а) зображено вихідні кола одного каналу модуля. На відміну від модуля телесигналізації модуль ТК виконує функції нормально розімкненого (рис. 2.2, б) або нормально замкнутого (рис. 2.2, в) електронного контакту, а значить він повинен бути розрахований на значно більший струм. З цією метою в вихідних колах кожного каналу використовуються елементи гальванічної розв'язки (VA1), що складаються з двох паралельно підключених польових транзисторів з відкритим каналом. Захист від перевищення напруги виконано на елементах VD1 та VD2. Кількість каналів виводу в одному модулі – 32.

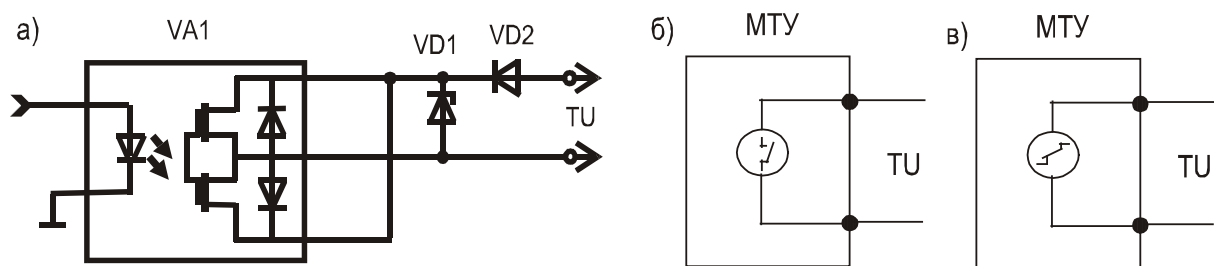


Рис. 2.2 Принципова схема вихідних кіл та умовні позначення каналу виводу дискретних сигналів

### Модуль телеуправління відповідальних команд «КАСКАД ТВ.2612»

Модуль телеуправління відповідальних команд забезпечує подачу електричних сигналів на пристрої автоматики у вигляді напруги, сформованої внутрішніми схемами з гальванічною ізоляцією кожної напруги (канал виводу). В схемі реалізовано захист від коротких замикань та перевищення допустимої межі напруги. Кожний канал має зворотній контроль наявності вихідного сигналу з двома незалежними сигналами управління.

Вихідні напруги мають наступні значення: включений стан - наявність напруги, виключений стан – відсутність напруги. Чисельність каналів (портів) виводу в одному модулі – 12.

В основу проектування модулю виводу відповідальних команд було покладено принцип забезпечення безпеки функціонування, а саме: відмова будь-якого елемента схеми не повинна приводити до небезпечної відмови.

### Модуль модему «КАСКАД-ММ.2602»

Для забезпечення обміну даними через кільцеву локальну мережу зв'язку лінійних пунктів і центрального поста використовується модуль модему «КАСКАД-ММ.2602».

Модуль забезпечує:

- зв'язок по виділеним фізичним парам в дводротовій схемі підключення;

- підтримку міжстанційного телефонного зв'язку;
- передачу голосових повідомлень з метою оповіщення пасажирів та інше.

Фізичний рівень модуля модему забезпечено стандартними протоколами обміну, швидкість зв'язку може динамічно мінятися в залежності від характеристик каналу.

### **Модуль мікропроцесорного контролера «КАСКАД-МП.2616»**

Як провідний процесорний модуль у складі системи використовується модуль контролера «КАСКАД-МП.2616». Він забезпечує функції взаємодії з модулями комплексу, підтримує протоколи мереж зв'язку лінійних пунктів, забезпечує синхронізацію процесів з сусіднім каналом системи, перевіряє достовірність інформації в каналах обміну, підтримує протоколи локальної міжмодульної мережі, протоколи інформаційного обміну по послідовним портам та обміну з пристроями на перегоні (контроль перегріву букс, диспетчерський контроль та інше). Крім цього, модуль контролера забезпечує внутрішню діагностику та резервування.

Модуль контролера побудовано на процесорі ZF<sub>x</sub>86, що має тактову частоту 66 мГц. Пам'ять модуля складається з SDRAM на 16 Мб, Flash EPROM-0,512Мб. Модуль комплектується твердотільним диском (DiskOnChip) об'ємом від 2 до 64Мб. Обмін інформацією між модулями забезпечується системною шиною ISA96 та за послідовним каналом RS232C. Напруга живлення модулю - 5V, споживання струму - до 0,7А.

### **Модуль вторинного живлення «КАСКАД-ВЖ.2814»**

Модуль вторинного живлення «КАСКАД-ВЖ.2214» забезпечує постійними стабілізованими напругами живлення електронних модулів комплексу, має гальванічну ізоляцію між вхідними та вихідними напругами,

захист від вхідної перенапруги, коротких замикань (електронний запобіжник), аварійну сигналізацію.

### **Модуль електронного крейду «КАСКАД-КР.2204»**

Модуль електронного крейту забезпечує підключення уніфікованих модулів до джерел живлення, міжмодульної мережі, зовнішніх сигналів взаємодії з пристроями СЦБ. У своєму складі не має активних напівпровідникових приладів. Виконаний на шестишаровій печатній платі розміром 128x253мм і має 12 роз'єднувачів по 34 контакти для підключення до зовнішніх сигналів, 12 роз'єднувачів по 96 контактах для підключення уніфікованих модулів. Схема розташування модулів в крейті наведена на рис. 2.3.

На задній стіні крейту розташовані дві шестишарові печатні плати з роз'єднувачами для підключення модулів та з'єднувальних шнурів з монтажними колодками.

Місця розташування від №1 до №12 призначені для модулів взаємодії з пристроями СЦБ - телеуправління «КАСКАД-ТУ», телеуправління відповідальних команд «КАСКАД-ТВ», телесигналізації «КАСКАД-ТС».

Модулі взаємодії з пристроями СЦБ розташовуються відповідно з технічним проектом по визначених місцях загальною кількістю не більше 12 шт. на один крейт. Розташовують модулі починаючи з місця №1, при цьому непарні номери (1,3,4,5,6,7,9,11) відносяться до основного комплекту, парні (2,4,6,8,10,12) - до резервного комплекту. Спочатку розраховують кількість модулів телеуправління відповідальних команд «КАСКАД-ТВ» 1-основний 2-резервний, потім модулів телеуправління «КАСКАД-ТУ» і на завершення модулі телесигналізації «КАСКАД-ТС».

Місце розташування №19 призначене для модуля вторинного живлення «КАСКАД-ВЖ».

Місце розташування №14 призначене для модуля мікропроцесорного контролера «КАСКАД-МП».

Місця розташування №18, №17, №16 та №15 призначені для модулів модему «КАСКАД-ММ».

Установка модулів взаємодії з пристроями СЦБ на місця 13..19 є недопустимою і блокується системою механічного захисту, та навпаки недопустимо встановлювати загальносистемні модулі на місця 1..12. Порухення системи механічного захисту або її розблокування приведе до пошкодження відповідного модуля.

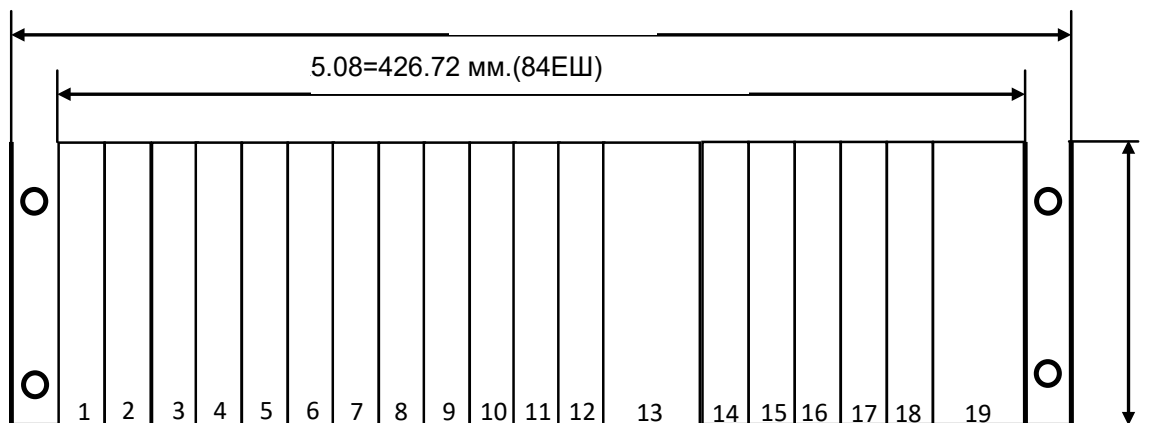


Рис. 2.3 Схема розташування модулів в крейті «КАСКАД-КР»

## 2.5 Технічне обслуговування комплексу «ЛП КАСКАД»

Програмно-апаратний комплекс «ЛП КАСКАД» розрахований на безперервний режим експлуатації. Конструктивно розташований в настінній шафі EL RITTAL, призначеної для розміщення 19 дюймового електронного обладнання. Шафа трьохсекційна стальна, дозорні двері обладнані захисним склом, має високу ступінь захисту (IP 55 по EN 60529/10.91). Шафа має доступ до обладнання односторонній: передній - до уніфікованих модулів, задній - до роз'єднувачів та монтажних колодок за рахунок трьохсекційної конструкції.

Контроль стану комплексу виконується наступними методами:

- візуального контролю;
- контролю технічними засобами;
- діагностичного контролю програмно-технічними засобами.

Кожен з модулів комплексу має на передній панелі світлодіодну індикацію наявності живлення. Модулі взаємодії з пристроями СЦБ на кожний з сигналів ТУ, ТС мають окрему індикацію: зелений колір – наявність сигналу, погашене показання – його відсутність. Номери сигналів відповідають їх розташуванню на панелі модуля зверху-вниз, зліва-направо. Кожен з модулів має позначення його типу та номеру відповідно з технічною документацією. Світлодіодна індикація основного та резервного модулів при справній дії комплексу співпадає.

Загальносистемні модулі мають відповідну світлодіодну індикацію наявності живлення, стану мереж зв'язку, режиму функціонування.

Метод візуального контролю не потребує будь-якого втручання в роботу комплексу, спостереження виконується через дозорні двері з захисним склом.

Метод контролю технічними засобами використовується при наявності пошкоджень, зареєстрованих системою діагностики «ЦП КАСКАД», та неможливості достовірно встановити пошкодження візуальним контролем. Першочергово контролюється вимірювальними засобами наявність живлення в допустимих межах, наявність та справна дія каналів зв'язку. Перевірка наявності сигналів ТУ, ТС може бути встановлена перевіркою напруги на відповідних монтажних клеммах. Для модулів телеуправління відповідальних враховується напрямок надходження управляючої напруги (не від станційної батареї, а від модуля, який сам є джерелом напруги). Монтажні колодки мають роз'єднувачі з плоским кабелем, що дозволяє оперативно відключати систему «ЛП КАСКАД» від схем СЦБ, при цьому дія комплексу буде припинена.

Метод діагностичного контролю програмно-технічними засобами використовується при пусконаладжувальних роботах та комплексної перевірки програмно-апаратних засобів. При справній дії каналів зв'язку контроль відбувається з центрального поста «ЦП КАСКАД». На лінійному пункті такий контроль виконується за допомогою переносного комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням, який безпосередньо з'єднується через

послідовний порт «COM1» модуля мікропроцесорного контролера з комплексом «ЛП КАСКАД».

Заміна модулів виконується у випадку однозначно визначеного пошкодження модуля системою діагностики або іншими методами. Для резервованих систем заміна модуля не призводить до зупинки комплексу та втрат інформації про поїзне становище на об'єкті управління. Для нерезервованих систем в залежності від типу заміненого модуля та витрат часу на його заміну можлива втрата інформації.

Уніфіковані модулі програмно апаратного комплексу «ЛП КАСКАД» не мають жорсткої прив'язки до конкретного об'єкту управління і можуть, відповідно (ТС на ТС, ТК на ТК і так далі) міняти в межах крейтів, комплексів та з резервних комплектів. Винятком є модуль мікропроцесорного контролеру «КАСКАД-МП», який є уніфікованим в апаратному плані, а програмне забезпечення має жорстку прив'язку до конкретного об'єкту управління.

Для заміни модуля вимикають живлення відповідного комплексу, основного або резервного, вимикачем на передній панелі модуля живлення «КАСКАД-ВЖ». Вмикання живлення приводить до автоматичної діагностики та тестування комплексу і подальшого функціонування.

## **2.6 Системи захисту модулів**

Системи захисту модулів поділяються на: механічну, електричну, програмну.

Система механічного захисту є конструктивною особливістю електронного крейту і захищає модулі від пошкоджень при спробі їх установки в місця на те не призначені. Система механічного захисту розподіляє крейт на дві зони – перша для модулів взаємодії з пристроями СЦБ, друга для загальносистемних.

Система електричного захисту є складовою частиною апаратного забезпечення кожного з модулів і контролює наявність адресних сигналів з боку роз'єднувачів розташованих на печатній платі електронного крейту. Підключення модуля до системи (при наявності живлення) відбувається тільки в випадку надійного електричного контакту з відповідними сигналами. Цей захист діє безперервно в процесі експлуатації і «жорстко» прив'язує модуль до адресації та програмного забезпечення комплексу.

Система захисту на рівні програмного забезпечення діє в межах комплексу та вибраного модуля. Кожний цикл обміну між процесором та вибраним модулем починається з перевірки адресу модуля та його типу на відповідність запрограмованим характеристикам. В разі невідповідності (наприклад: помилково взамін модуля ТК встановлений ТС або навпаки) реєструється невідповідність і модуль залишається ізольованим від управління або контролю пристроїв СЦБ.

## **2.7 Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД»**

З урахуванням недоліків функціонування системи ЧДК, підприємством «АНТРОН» розроблено мікропроцесорну систему контролю стану пристроїв автоматики на перегоні – ДК «КАСКАД».

Система призначена для надання інформації оперативному персоналу про стан пристроїв залізничної автоматики на перегоні. ДК «КАСКАД» є функціонально завершеною системою, яка може діяти автономно. В разі виникнення потреби системи МСДЦ «КАСКАД» та ДК «КАСКАД» об'єднуються, включення відбувається на рівні ЛП «КАСКАД» по внутрішньому інтерфейсу RS485, тобто ДК «КАСКАД» становиться інформаційною підсистемою МСДЦ. У цьому випадку інформація про стан пристроїв автоматики на перегоні надається на два рівня управління – черговому по станції (ДСП) та поїзному диспетчеру (ДНЦ), або іншим

користувачам локальної мережі диспетчерського центру управління перевезеннями.

Система складається з модулів станційного мікропроцесорного контролеру “СК2202” та перегінних мікропроцесорних контролерів “ПК2202”. Модуль “ПК2202” забезпечує контроль стану та працездатності сигнальної установки кодового автоблокування (АБ або АБТ) за рахунок отримання дискретної інформації про стан контрольних реле:

- контролю живлення в основному та резервному фідерах;
- ДСН;
- контролю рейкових кіл блок-діляниці (для АБТ);
- контролю стану реле КВ (для АБТ);
- контролю показань прохідних світлофорів (сигнальні та вогневі реле);
- напрямку встановленого руху;
- контролю справності ланцюгів ламп прохідних світлофорів;
- контролю стану блок-діляниці;
- охоронної сигналізації.

Крім цього модуль використовується для контролю стану та працездатності пристроїв переїзної сигналізації. У цьому випадку отримується інформація про:

- наявність живлення в основному та резервному фідерах;
- стан реле ДСН;
- положення автошлагбауму;
- включення загороджувальної сигналізації;
- сигналізацію переїзних світлофорів;
- напрямок встановленого руху;
- справність ланцюгів ламп переїзних і загороджувальних світлофорів,
- стан кнопок на щитку управління;
- стан діляниць наближення (НИП,ЧИП);
- справність схеми реле мигання;

- стан охоронної сигналізації (відкриття релейних шаф через додатковий датчик).

Максимальна кількість об'єктів контролю, що підключаються до модуля – 14, об'єктів управління – 2. Крім цього, модуль “ПК2202” може використовуватися для забезпечення управління, контролю стану та працездатності світлового показника (СП), що використовується у складі системи технічної діагностики рухомого складу (ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б).

Модуль перегінного контролеру “ПК2202” призначений для обробки інформації отриманої від сигнальної установки або переїзної автоматики по сигнальним лініям ТС1..ТС14, управління реле ДСН, підтримки протоколів обміну по локальній мережі зв'язку, транспортування інформації від модулів сусідніх сигнальних установок до станційного контролеру.

Модуль “ПК2202” забезпечує управління та передачу інформації на лінійний пункт про стан пристроїв АБ, ПС та СП по виділеній лінії зв'язку. Одна пара лінії зв'язку обслуговує до 14 модулів “ПК2202” та 2 модуля “СК2202”. Кожен з модулів “ПК2202” розташованих повздовж перегону забезпечує обмін даними та ретрансляцію пакетів від сусідніх модулів в двох напрямках. Модуль “ПК2202” в своєму складі має два модеми, один з яких включається в лінію зв'язку в напрямок станції другий в напрямок перегону. Затримка в отриманні інформації до 3,2 сек. для 14 пристроїв на лінії. На Рис.2.4 наведено приклад організації зв'язку системи ДК «КАСКАД» на двоколійному перегоні ст. Владиславівка – ст. Кіровська.

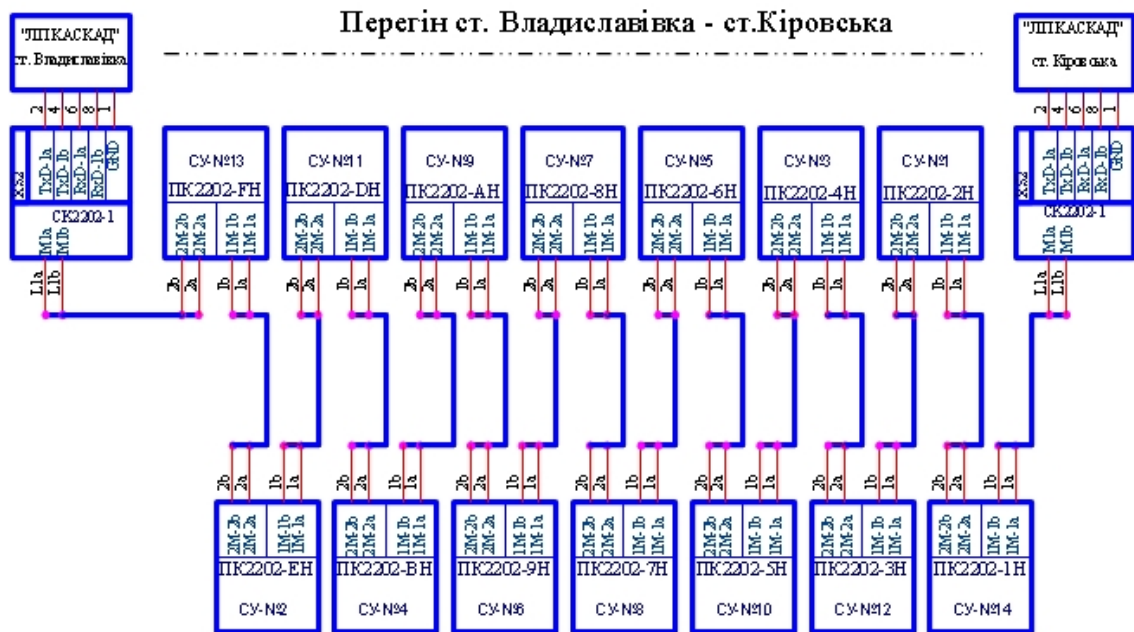


Рис. 2.4 Схема організації зв'язку системи «ДК КАСКАД» на двоколіїному перегоні

Фізичні лінії симетричних кабелів зв'язку, які використовуються для роботи «ДК КАСКАД» в смузі тональних частот (300...3400 Гц), повинні відповідати наступним вимогам:

- електричний опір ізоляції для кабелів типу ТП не менш ніж 5000 МОм/км, для кабелів типу ТЗ, МК не менш 10000 МОм/км;
- омична асиметрія двох жил, кабельної лінії не більше

$$\frac{0,23}{d^2} \sqrt{l} \quad (\text{Ом}), \quad (2.1)$$

де  $l$  - довжина кабельної лінії, км,  $d$  - діаметр жили, мм;

- затухання кабельної лінії на частоті 1000Гц не більш ніж 30 дБ;
- невиважена напруга шумів в смузі частот 300-3400 Гц на виході лінії, навантаженої на активний опір 600 Ом, не більше 1,5 мВ для симетричних кабелів і не більше 10 мВ для несиметричних. [3]

## 2.8 Розрахунок затримки часу передачі сигнала ТС

Топологія локальної мережі кільцевого типу використовується в системі МСДЦ «КАСКАД». Комплекси «ЛП КАСКАД» які розташовані на постах ЕЦ залізничних станцій є клієнтами локальної мережі кільцевого типу «LPnet».

На фізичному рівні локальної мережі «LPnet» використовуються дві пари магістрального кабелю (1,05 мм) при відстані між сусідніми клієнтами мережі до 40-45 км.

Максимальна чисельність станцій об'єднаних одним кільцем локальної мережі «LPnet» розраховується на допустимий термін транспортування інформації, в найгіршому випадку до 6 секунд. Затримка транспортування інформації через «ЛП КАСКАД» складається з наступних складових:

- програмного забезпечення «ЛП КАСКАД» при формуванні пакету, с  $T_s = 0.02$ ;

- модему (Round Trip) «ЛП КАСКАД», с  $T_{rp} = 0.04 - 0.06$ ;

- передачі інформаційного пакету по швидкості обміну, с  $T_v$ .

$T_v$  – розрахунковий параметр залежить від швидкості обміну по мережі, розміру інформаційного пакету, ступеню захисту інформації по ймовірності трансформації сигналів ТУ, ТС. Для МСДЦ «КАСКАД»:

$$T_v = 1/V \cdot N \cdot k, \quad (2.2)$$

де:  $V$ - швидкість передачі пакету в мережі, bps;

$N$ - чисельність дискретних сигналів об'єкту контролю (ТС);

$k=2,2$  - коефіцієнт який враховує захист інформації та технологічне оформлення пакету.

Розрахунки виконуються для гіршого випадку пошкодження лінії зв'язку між однією із станцій і сервером ДЦУП. В такому випадку транспортування інформації відбувається в одному напрямку, що призводить до найбільшого навантаження локальної мережі.

Методику розрахунку терміну транспортування інформації для топології локальної мережі кільцевого типу розглянемо на прикладі обладнання ділянки Владиславівка-Кіровська і Кіровська-Новофедорівка.

Вхідні дані:

“ЛП КАСКАД” №1 – ст. №1

“ЛП КАСКАД” №2 – ст. №2

“ЛП КАСКАД” №3 – ст. №3

“ЛП КАСКАД” №4 – ст. №4

“ЛП КАСКАД” №5 – ст. №5

“ЛП КАСКАД” №6 – ст. №6

“ЛП КАСКАД” №7 – ст. №7

“ЛП КАСКАД” №8 – ст. №8

“ЛП КАСКАД” №9 – ст. №9

“ЦП КАСКАД” – сервер ДН-1 (Новофедорівка),

$V=28800$  bps.

В розрахунку наведено терміни транспортування інформаційних пакетів телесигналізації (ТС) стану об’єктів контролю по станціям (ЕЦ) та перегонів між ними (ДК).

1) Розрахунок терміну транспортування інформації від станції №9 до станції №8:

$T_{v1}=1/V \cdot N \cdot k=1/28800 \cdot 717 \cdot 2,2=0,05477$  (с),

де  $N = 717$  сигналів контролю (ТС) на станції №9.

$T_1=(T_s+T_{rp}+T_{v1})+(T_{rp})=0,02+0,06+0,05477+0,06=0,19447$  (с),

де  $T_{rp}$  - затримка в передачі інформації модемів станцій №9 та №8 відповідно.

2) Розрахунок терміну транспортування інформації до ст. №7:

$T_{v2}=1/V \cdot N \cdot k=1/28800 \cdot 1842 \cdot 2,2=0,1407$  (с),

де  $N=1842$  (717 сигналів ТС станції № 9 + 1125 сигналів ТС станції №8).

$T_2=(T_s+T_{rp}+T_{v2})+(T_{rp})=0,02+0,06+0,1407+0,06=0,2807$  (с).

3) Розрахунок терміну транспортування інформації до станції №6:

$T_{v3}=1/V \cdot N \cdot k=1/28800 \cdot 2087 \cdot 2,2=0,1594$  (с),

де  $N=2087$  (1842 сигналів ТС станцій №9-№8+ 245 сигналів ТС станції №7).

$T_3=(T_s+T_{rp}+T_{v3})+(T_{rp})=0,02+0,06+0,1594+0,06=0,2994$  (с).

4) Розрахунок терміну транспортування інформації до станції №5:

$T_{v4}=1/V \cdot N \cdot k=1/28800 \cdot 2455 \cdot 2,2=0,1875$  (с).

$N=2455$  (2087 сигналів ТС ділянки №9 – №7 + 368 сигналів ТС станції №6).

$$T4=(Ts+Trp+Tv4)+(Trp)=0,02+0,06+0,1875+0,06=0,3275 \text{ (с)},$$

5) Розрахунок терміну транспортування інформації від станції №5 до станції №4.

$$Tv5=1/V. N. k=1/28800.2713. 2,2=0,2072 \text{ (с)},$$

де N=2713 (2455 сигналів ТС ділянки №9 – №6 + 258 сигналів ТС станції №5).

$$T5=(Ts+Trp+Tv5)+(Trp)=0,02+0,06+0,2072+0,06=0,3472 \text{ (с)}.$$

6) Розрахунок терміну транспортування інформації від станції №4 до станції №3.

$$Tv6=1/V. N. k=1/28800.3464. 2,2=0,2646 \text{ (с)},$$

де N=3464 (2713 сигналів ТС ділянки №9 – №5 + 751 сигналів ТС станції №4).

$$T6=(Ts+Trp+Tv6)+(Trp)=0,02+0,06+0,2646+0,06=0,4046 \text{ (с)}.$$

7) Розрахунок терміну транспортування інформації від станції №3 до станції №2:

$$Tv7=1/V. N. k=1/28800.3848. 2,2=0,2940 \text{ (с)},$$

де N=3848 (3464 сигналів ТС ділянки №9 – №4 + 384 сигналів ТС станції №3).

$$T7=(Ts+Trp+Tv7)+(Trp)=0,02+0,06+0,2940+0,06=0,4340 \text{ (с)}.$$

8) Розрахунок терміну транспортування інформації від станції №2 до станції №1:

$$Tv8=1/V. N. k=1/28800.4217. 2,2=0,3221 \text{ (с)},$$

де N=4217 (3848 сигналів ТС ділянки №9 – №3 + 369 сигналів ТС станції №2).

$$T8=(Ts+Trp+Tv8)+(Trp)=0,02+0,06+0,3221+0,06=0,4621 \text{ (с)}.$$

9) Загальний термін транспортування інформації на ділянці №1 – №9:

$$T=T1+T2+...+T9=0,19447+0,2807+0,2994+0,3275+0,3472+0,4046+0,4340+0,4621=2,74997 \text{ (с)}.$$

Транспортування інформації відбувається послідовно по 9 станціям ділянки, коли кільцева мережа фактично функціонує як послідовна. При цьому розрахунок здійснено за умов відсутності завад в лінії зв'язку. При їх наявності можливі пошкодження інформаційних пакетів, а значить повторних запитів серверу та повторних передач. Крім цього, не враховані затрати часу на

передачу діагностичної інформації, та затрати часу на передачу команд телеуправління і підтверджень їх достовірності та виконання. В розрахунку не враховані затрати часу які пов'язані з можливим виникненням черг по станціям дільниці на передачу інформаційних пакетів та затрати часу на адаптацію модемів до зміни умов транспортування інформації на фізичному рівні (зміна рівня сигналу, синхронізація, тестування, при пошкодженні лінії зв'язку – повторне встановлення зв'язку). [3]

## **2.9 Висновки**

У другому розділі роботи розглянута структура МСДЦ «КАСКАД» та ДК «КАСКАД», їх функціональні можливості та елементна база з метою перевірки можливості розширення їх можливостей. В системах диспетчерської централізації інформація вважається достовірною протягом 6с. Виконавши розрахунки затримки часу ділянки Владиславівка-Кіровська і Кіровська-Новофедорівка, було отримано результат 2,74997 (с.), при умові розриву кільця в місці між сервером (Новофедорівка) та ст. №1. Таким чином, затримка часу на даній ділянці не виходить із допустимого діапазону, тобто інформація вважається достовірною. Так як канал зв'язку не повністю зайнятий, то можливе збільшення функціональних можливостей та надійності роботи системи МСДЦ «КАСКАД».

## **3 РОЗРОБКА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ДЦ «КАСКАД»**

### **3.1 Принцип фіксації аналогових сигналів в сигнальній точці на перегоні**

Система ДЦ «КАСКАД», не реалізує функції телевимірювання, що значно зменшує можливості обслуговуючого персоналу по відновленню систем АБ та АПС після відмов, дистанційному вимірюванню параметрів та попередженню відмов пристроїв автоматики.

В магістерській роботі розроблено комплекс додаткового вимірювання параметрів сигнальної точки.

Система фіксації складається з: модема сигнальної точки, мікроконтролера (МК), пристрою керування читанням та записом, пристрою фіксації аналогових сигналів, аналогового – цифрового перетворювача (АЦП), аналогового комутатора, пристрою фіксації дискретних сигналів.

Принцип роботи системи: мікроконтролер – задає режим роботи пристрою керування читанням та записом, вибирає з якого пристрою фіксації буде проходити обробка даних; пристрої фіксації дискретних та аналогових сигналів фіксують сигнали, та передають данні для обробки в МК; аналогові сигнали через аналоговий комутатор надходять в аналогово – цифровий перетворювач, який перетворює аналоговий сигнал в цифровий.

### **3.2 Вибір параметрів для діагностування сигнальної точки за допомогою ДК «КАСКАД»**

Система ДК «КАСКАД» за допомогою розробленого комплексу має змогу діагностувати дискретні та аналогові сигнали. До яких відносяться [5]:

*Дискретні сигнали:*

- Вірність роботи дешифраторної чарунки (реле Ж4).

- Наявність змінного живлення 220В (реле А).
- Перевіряється на присутність резервне живлення (реле А1).
- Перевіряється ввімкнення подвійного зниження напруги (реле ДСН).
- Вогневе реле О – призначене для перевірки горіння ламп лінзових світлофорів.
- Контроль напрямку руху поїздів (реле 1Н1).
- також мигаючі реле КМ1.

Крім цього в сигнальній точці контролюється 6 аналогових величин.

*Аналогові сигнали:*

- Основне живлення (реле А) – знімається з клем П2-14 та П2-15 та порівнюємо з номінальною величиною заданою для даної сигнальної точки. Цей параметр знімаємо за допомогою комутатора, АЦП та потім данні надходять в МК, де порівнюються з заданими значеннями.
- Напруга на лампах вогней світлофорів – знімається під час горіння ламп світлофорів, а для червоного вогню й в охолодженому стані. Перевірка виконується за допомогою комутатора, АЦП та через пристрій фіксації надсилається інформації для обробки результатів вимірів та порівняні їх з заданими значеннями напруги на лампах вогней світлофорів мікроконтролером.
- Величина прийняття коду з рейкового кола та передача на рейкове коло. Діагностування виконується за допомогою аналогово – цифрового перетворювача та гальванічної розв'язки на трансформаторі. Визначається величина імпульсів, та довжина імпульсів та пауз в прийнятих та передаваних кодах рейкового кола.
- Напруга на колійному реле та вторинній обмотці живлячого трансформатора рейкового кола.
- Величина постійної напруги П,М та змінної СХ,МСХ.
- Напруга на сигнальних реле Ж та З.

В роботі розроблена принципова схема комплексу яка відповідає функціональній. Програмне забезпечення АРМа дозволяє диспетчерові або електромеханікові в реальному масштабі часу контролювати роботу пристроїв на перегоні, а також проводити вимірювання для виявлення передвідмовного стану. Електромеханік має можливість перевіряти величину будь якого з контрольованих параметрів дистанційно, що дає можливість проводити перевірку без виїзду на лінію. Крім цього вимірювання проводиться автоматично без участі людини в фіксації результатів, що зменшує похибки при вимірюванні.

### **3.3 Пропозиції по застосуванню в системі МСДЦ «КАСКАД» супутникового моніторингу транспорту FORT**

В магістерській роботі пропонується розширити функціональні можливості МСДЦ «КАСКАД» за допомогою супутникового моніторингу транспорту FORT. Система супутникового моніторингу транспорту FORT призначена для отримання інформації про стан контрольованих об'єктів, які здійснюється за рахунок використання ГЛОНАСС/GPS терміналів. Термінали встановлюються на контрольований об'єкт і збирають інформацію з датчиків рівня палива, датчиків температури, тиску, швидкості і т.д.

Встановлені на рухомих об'єктах ГЛОНАСС/GPS термінали, які за рахунок взаємодії з супутниками глобальних систем позиціонування, отримують інформацію про місцезнаходження, швидкості і напрямку руху транспортного засобу (рис.3.1).

Адаптивний механізм реєстрації даних ГЛОНАСС/GPS терміналом враховує проходження транспортним засобом поворотів і заданих відстаней. Як результат, отриманий маршрут точно відображає реальний характер руху об'єкта, при цьому здійснюється економія трафіку та грошових коштів. Також до терміналу можуть бути підключені виконавчі механізми, які будуть спрацьовувати по команді диспетчера або користувача системи (наприклад,

віддалене відключення подачі палива). При цьому термінали можуть «самостійно приймати рішення» про виконання деяких дій, згідно закладеної в пристрій логіки. [6]

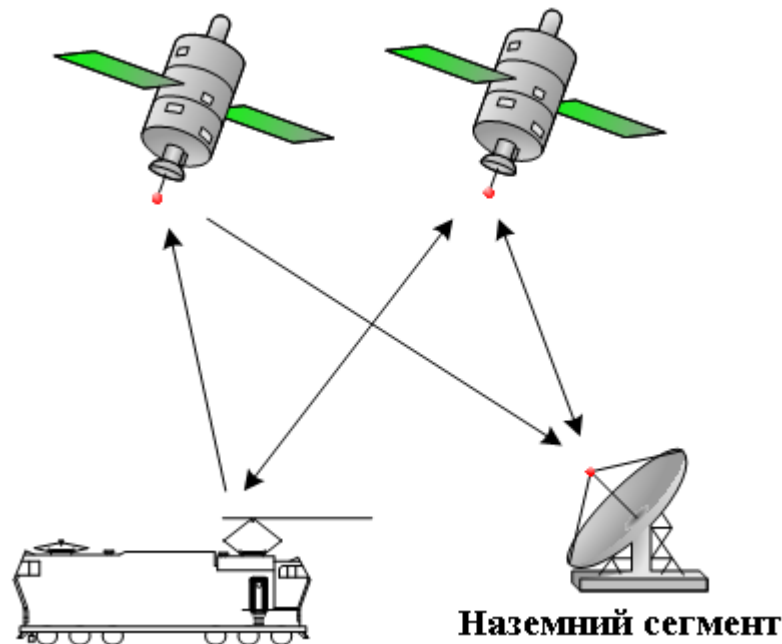


Рис. 3.1 Ескізна модель роботи систем супутникової навігації

Термінали FORT широко застосовуються на автомобільному транспорті (FORT-111) в якості пристрою об'єктового моніторингу, з використанням систем рухомого зв'язку стандарту GSM 900/1800 [6]. Контроль залізничного транспорту є задачею досить не простою та актуальною. Саме тому компанія Форт-Телеком розробила комплексне рішення на основі спеціалізованої версії терміналу FORT-300RW з діапазоном живлячої напруги від 48 до 72В, системи FortMonitor і додаткового обладнання.

Термінал FORT - 300RW призначений для організації систем дистанційного контролю і управління на залізничному транспорті, в яких взаємодія з об'єктами ведеться через мережу GSM 900/1800. Зчитування з терміналу інформації отриманої від об'єктів і посилка керуючих впливів можуть вестися за допомогою SMS повідомлень, голосових дзвінків, або через канали GPRS. У пристрої реалізовані прийом і передача голосової інформації, що

дозволяє реалізувати функцію прослуховування об'єкта управління або голосовий зв'язок з машиністом. [7].

Термінал Fort-300RW був розроблений в 2008р. Досвідом слугували попередні розробки компанії в області систем супутникового моніторингу з 2003 року. Але це була лише «база» накопиченого досвіду для створення нового терміналу, головною відмінною рисою якого повинна була стати надійність і безвідмовність, при цьому відповідаючи потребам залізничного транспорту по функціональності. Взагалі термінали FORT відповідають класу захисту 3 (тобто витримують стрибки напруги до 150 В) і є єдиними терміналами на ринку з таким класом захисту. Крім цього є можливість комплектувати пристрої додатковим приладом, за допомогою якого вони будуть відповідати максимальному класу захисту 4, тобто витримувати стрибки напруги до 1 кВ, що дозволить не турбуватися за збереження терміналу, навіть при установці на несправні електромережі локомотивів (при використанні версії Fort - 300RW).

Термінали оснащені інтелектуальною системою підігріву, що залежить від власної температури терміналу. Реальні тести в термокамері свідчать, що термінал здатний працювати при  $-50^{\circ}\text{C}$ ).

Технічні характеристики FORT - 300RW:

- Робота в мережах GSM 900/1800
- Потужність передачі: 2Вт (33дБм) для GSM 900, 1Вт (30дБм) для GSM 1800;
- 10 датчиків сухих контактів;
- 10 виходів – для підключення виконавчих механізмів;
- 4 аналогових датчика, для збору телеметричної інформації (температури, вологості, тиску і т.д.);
- 2 імпульсних входи;
- Порт RS-232C для підключення мікроконтролерів;
- Функція «чорного ящика» – записів не менше 150 000;

- Акумуляторна батарея (Літій-іонна) 1800мАч;
- Циклів заряду/розряду АКБ не менше 800;
- Температура експлуатації від -50 до +85 °С;
- число каналів контролю – 50;
- Час «холодного» і «теплого» старту – 27 сек.;
- Час «гарячого» старту – 1 сек.;
- Точність отримання навігаційних параметрів  $\pm 2.5$ м.
- Типи антен (GSM, GPS/ГЛОНАСС, WiFi) – зовнішні;
- Інтерфейс зв'язку з ПК – USB 2.0;
- Внутрішня енергонезалежна пам'ять – 16 Мбайт;
- Маса – не більше 400 г.;
- Габаритні розміри – 104х122х33 мм.

Можливості FORT - 300RW:

- Контроль місцезнаходження транспорту по точній карті шляхів;
- Прийом/передача голосу;
- Розрахунок пройденої відстані;
- Визначення зміни прискорення об'єкта (фіксація руху та зупинок);
- Час простою (на холостому ході);
- Максимальне зниження можливості для розкрадання палива;
- Диспетчеризація транспорту;
- Безпека транспорту і збереження вантажу.

### **3.4 Принцип роботи FORT - 300RW та ув'язка його з системою «КАСКАД»**

Вся отримана з об'єкта інформація відправляється терміналом на сервер системи моніторингу FORT через програмне забезпечення FortMonitor по протоколу IP (Internet Protocol). Пакети даних потрапляють спочатку в GPRS

мережу оператора стільникового зв'язку, чия SIM картка знаходиться у навігаційному терміналі, а потім в мережу Internet. Для успішної доставки пакета з даними від терміналу до сервера необхідно щоб сервер був підключений до мережі Internet і мав в ній «виділений» IP адреса (надається провайдером Internet, як додаткова послуга), на який і відбувається передача інформації. Дані, що прийшли від терміналу на сервер, обробляються і зберігаються в базі даних.

У процесі передачі даних з терміналу FORT на сервер використовуються механізми гарантованої доставки повідомлень (протокол TCP, і підтвердження про успішне прийомі кожного повідомлення). У разі якщо повідомлення не може бути доставлено з терміналу на сервер (наприклад, відсутність зв'язку через аварію на мережі GSM-оператора або Інтернет - провайдера), повідомлення зберігається в незалежній пам'яті GSM - терміналу в «чорному ящику». Збережене повідомлення буде доставлено на сервер при першій можливості. Обсяг «чорного ящика» досить великий. В терміналах FORT - 300RW він складає 150 000 повідомлень (без використання зовнішньої MicroSD карти), що при частоті посилки даних раз на 30 секунд, дозволяє автономно накопичувати дані мінімум за 45 днів, і передати їх на сервер при відновленні зв'язку. Отримані дані з серверу передаються в вищій інстанції залізниці, звідки в вільному доступі, можна отримати інформацію будь-яким структурам залізниці (Л, Е, УПП і т.д. ).

Сервер зберігає в базі даних отриману інформацію від усіх терміналів. На основі цієї інформації будуються маршрути руху транспортних засобів, графіки зміни параметрів, різні звіти і т.д. Період, за який інформація буде зберігатися в базі даних, обмежений тільки об'ємом жорсткого диска сервера (частіше налаштований на один рік). Користувачі системи можуть отримати доступ до інформації через клієнтську програму FortMonitor, яке встановлюється на їх комп'ютер, або через WEB - інтерфейс FortMonitor - 3 (перейшовши на сайт системи з будь-якого web - браузера). Підключення до сервера можливе як з локальної мережі організації, так і через глобальну мережу Інтернет. Для забезпечення більшої безпеки адміністратор сервера може заборонити доступ до

сервера з мережі Інтернет, або надати його тільки через захищені, шифровані канали зв'язку. Доступ користувачів до системи моніторингу здійснюється тільки через процедуру авторизації (введення імені та пароля), права користувачів переглянути або змінити тієї чи іншої інформації регулюються адміністратором, а всі вироблені дії реєструються і зберігаються в базі даних.

Накопичена в базі даних інформація про рух транспортних засобів та зміну показань датчиків може бути представлена диспетчерам та службам залізниці у вигляді звітів, які можна роздрукувати або експортувати в один із зовнішніх форматів. Програмне забезпечення надає велике число стандартних звітів. Але, якщо з якихось причин, вони не влаштовують користувача, є можливість згенерувати звіт довільної форми. Програмне забезпечення моніторингу може бути інтегроване з іншими програмними засобами - бухгалтерськими системами, системами управління і т.п.

Таким чином шляхом підключення системи диспетчерської централізації «КАСКАД» до сервера бази даних FORT - 300RW є можливість передавати інформацію ДНЦ про місце знаходження рухомого складу навіть без системи ДК «КАСКАД».

### **3.5 Розширення функціональних можливостей FORT - 300RW при використанні в диспетчерській централізації**

FORT - 300RW має два аналогові входи. Перший вхід А1 вимірює напругу в діапазоні 0-15 В, другий – А2 в діапазоні 0-30 В. До цих входів можуть підключатися будь-які датчики з відповідними виходами.

Схема підключення датчиків, які не мають власного живлення, до аналогових входів показана на рис.3.2.

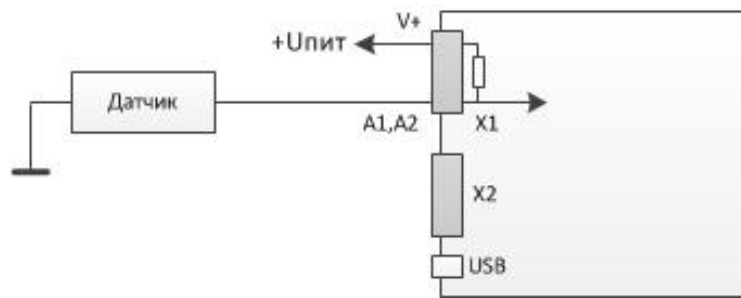


Рис. 3.2 Схема підключення пасивних датчиків до аналогових входів

Для підключення аналогових датчиків які мають зовнішнє живлення необхідно використовувати наступну схему (рис.3.3):

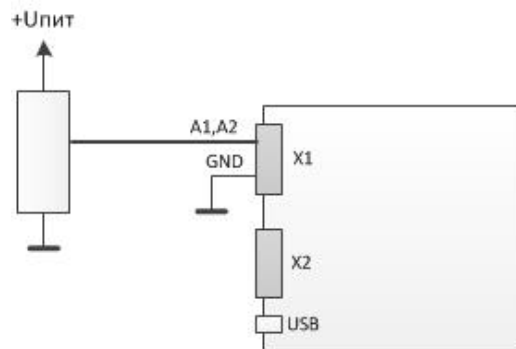


Рис. 3.3 Схема підключення активних датчиків до цифрових входів

В цьому випадку зміна напруги буде фіксуватися відносно живлячої напруги датчика

FORT - 300RW має 4 цифрові входи для підключення дискретних датчиків. Кожен із цифрових входів може працювати в імпульсному режимі (сигнали з частотою до 5 кГц). Функція підрахунку імпульсів дозволяє підключати до терміналу безліч датчиків які будуть вносити в термінал широкий потік інформації. Приклад підключення дискретних датчиків зображений на рис.3.4. [5]

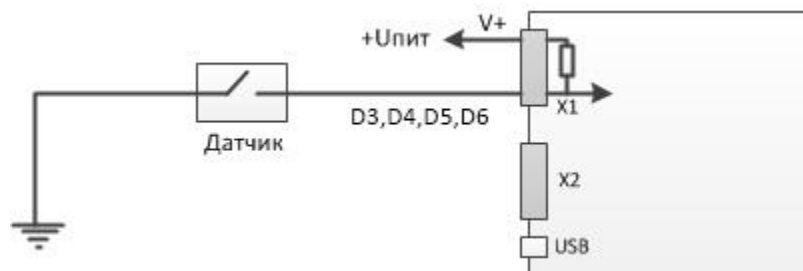


Рис. 3.4 Схема підключення дискретних датчиків

Таким чином є всі передумови для розширення спектру можливостей та функцій навігаційного терміналу.

Термінал Fort досить функціональний, але потреби залізничного транспорту зростають. Яскравим прикладом функціональності, на яку треба рівнятися Україні, є система «КЛУБ» (комплексное локомотивное устройство обеспечения безопасности). Тому в перспективі можливо деякі функції «КЛУБ» запровадити на термінал Fort, і тим самим розширити його функціональні можливості. Наприклад за допомогою датчиків через термінал Fort передавати інформацію про стан машиніста (аналог ТС КБМ) і т.д. Але досить гостро постає питання про достовірність переданих та прийнятих даних на термінал від ЦП та рухомих одиниць. Всі базові стандартні можливості FORT - 300RW реалізують обмін інформацією статистичного характеру між ЦП та контрольованим об'єктом. Ця інформація не відповідає на пряму за безпеку руху, тому її достовірність не так важлива. Якщо ж навігаційний термінал стане реалізовувати функції «КЛУБ», то достовірність обміну інформацією стане найважливішою характеристикою! Через це виникає потреба в захищеному каналі зв'язку. Прикладом подібного радіоканалу є система GSM-R, яка активно використовується в країнах Європи. Вона створена і експлуатується виключно на залізничному транспорті. [8]

#### Відмінності GSM-R від GSM:

- Більш жорсткі вимоги достовірності інформації;
  - GSM-R охоплює область вздовж лінії залізниці;
  - Інший частотний діапазон (890-915 МГц/935-960 МГц);
  - GSM-R дозволяє організувати зв'язок на швидкості до 500 км/год;
  - Додаткові функції (багаторівневі пріоритети, груповий виклик, функціональна адресація).
- 
- Шифрування відповідальних команд;
  - Ідентифікація та аутентифікація користувачів;
  - Ідентифікація обладнання користувача;

- Конфіденційність абонентів.

На сьогоднішній день більш ніж реально ув'язати МСДЦ «КАСКАД» з системою супутникового моніторингу, це дасть поштовх до більш коректного управління рухом поїздів, отримання широких статистичних даних, підвищення пропускною здатності та допустимих швидкостей, заощадження енергетичних ресурсів УкрЗалізниці.

### **3.6 Узгодження роботи МСДЦ «КАСКАД» із системою контролю перегону АПК-ДК**

Досі ДЦ «КАСКАД» не узгоджувалась із системами контролю перегонів (АПК-ДК, АСДК, УКП-СО і т.д.), окрім ДК «КАСКАД», що значно ускладнює впровадження МСДЦ «КАСКАД» на нових ділянках залізниці. Для прикладу розглянемо випадок коли на перегонах встановлена система АПК-ДК і збираються впроваджувати МСДЦ «КАСКАД». Для цього будемо користуватися структурною схемою дільниці яка розглянута в магістерській роботі. Взагалі дана дільниці вже обладнана системами ДЦ «КАСКАД» на станціях і ДК «КАСКАД» на перегонах. Зробимо допущення, що перегони все ж таки обладнані системою АПК-ДК і зробимо спробу ув'язати її з МСДЦ «КАСКАД». Це узгодження досить актуальне, через те, що заміна АПК-ДК на ДК «КАСКАД» це економічно не вигідно для залізниці – система АПК-ДК значно дешевша ніж ДК «КАСКАД», і не виникає потреба в оплаті експлуатаційно-монтажних робіт по заміні систем.

Апаратно-програмний комплекс диспетчерського контролю (АПК-ДК) є найбільш вдалою реалізацією функцій диспетчерського контролю на сучасному технічному рівні. Використання засобів обчислювальної техніки розширило функціональні можливості системи АПК-ДК не тільки для поїзного диспетчера, але дозволило вирішити і основні завдання контролю стану технічних засобів СЖАТ на перегонах і станціях диспетчерської ділянки.

Таким чином, система АПК-ДК має подвійне призначення і забезпечує:

— оперативне знімання інформації на сигнальних точках перегонів про стан рейкових ділянок, світлофорів та інших засобів і передачу її на станції для подальшого використання для контролю поїзного положення і технічного діагностування перегінних пристроїв;

— оперативне знімання інформації на станціях про стан колійних об'єктів і технічних засобів і передачу її поїзному диспетчеру і диспетчеру дистанції сигналізації, зв'язку та обчислювальної техніки;

— обробку і відображення інформації у користувачів з ведення виконуваного графіка руху;

— розрахунком прогнозного графіка за поточним поїзним положенням;

— розрахунку показників роботи дільниці та видачу довідок;

— логічному визначенню помилкової вільності ділянки та небезпечного зближення поїздів;

— аналізу роботи пристроїв;

— визначенню відмови;

— оптимізації пошуку та усунення відмови;

— архівації та відновлення подій;

— статистикою та обліку ресурсів приладів.

На станціях, тобто на першому (нижньому) рівні управління перевізним процесом виконуються збір, перетворення, концентрація інформації про стан перегінних і станційних пристроїв. Далі ця інформація може бути відображена на АРМ-ах чергового по станції і чергового електромеханіка, але обов'язково передається на другий рівень управління, тобто поїзному диспетчеру, і на АРМ диспетчера дистанції сигналізації, зв'язку та обчислювальної техніки.

Стан перегінних пристроїв систем ЖАТ контролюють автомати контролю сигнальних точок (АКСТ), виконані на базі спеціалізованих контролерів. Найбільше поширення має блок АКСТ-СЧМ, що представляє

собою генератор частоти, формуючий циклічні восьми імпульсні частотні посилення, які посилюються в лінію зв'язку, згідно зі станом контрольованих об'єктів. При восьми вихідних імпульсах завдяки маніпуляції по тривалості імпульсів і пауз (інтервалів) АКСТ-ЧМ дозволяє контролювати стан шести дискретних датчиків (реле) і двох порогових датчиків. [9]

При проектуванні АПК-ДК визначається перелік параметрів, контрольованих кожним АКСТ-СЧМ. При проектуванні для кожного АКСТ-ЧМ встановлюється несуча частота (частота настройки генератора), оскільки всі АКСТ перегону працюють із загальної фізичної лінії з частотним поділом каналів.

На одному фізичному ланцюгу може працювати до 30 АКСТ-ЧМ з наступним поділом частот (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Поділ частот

Номер частоти	Частота налагодження, Гц	Номер частоти	Частота налагодження, Гц	Номер частоти	Частота налагодження, Гц
1	384	11	1792	21	3072
2	512	12	1920	22	3200
3	704	13	2048	23	3328
4	832	14	2176	24	3456
5	960	15	2304	25	3584
6	1088	16	2432	26	3712
7	1216	17	2560	27	3840
8	1344	18	2688	28	3968
9	1472	19	281	29	4096
10	1600	20	2944	30	4224

### 3.7 Розрахунок тривалості передачі, частотного діапазону та активних фільтрів для ув'язки ДЦ «КАСКАД» та АПК-ДК

*Виконаємо розрахунок тривалості сигналу ТС для сигнальної точки.*

Для простоти розрахунків будемо вважати, що на кожній сигнальній точці знаходиться 8 контрольованих об'єктів (6 реле і 2 датчика).

Таким чином маємо:

Так як на один об'єкт необхідний час 0,468 с., тоді на 8 об'єктів необхідний час передачі розраховуємо як:

$8 \cdot 0,468 = 3,744$  с. – на одну сигнальну точку.

Кожна сигнальна точка передає на своїй індивідуальній частоті, через що виникає частотне розділення каналу. Всі сигнальні точки передають інформацію паралельно та одночасно. Тобто, тривалість всього циклу передачі для кожного сегменту буде становити 3,744 с.

Якщо скласти час циклу АПК-ДК (3,744 с.) до часу циклу ТС «КАСКАД» (2,749с.), то час передачі буде більше 6с, що не відповідає стандарту достовірності інформації. Але так як використовується частотне розділення каналу зв'язку і фільтри ФНЧ та ФВЧ, то не виникає необхідність в окремій лінії.

#### *Розрахунок частотних діапазонів передачі АПК-ДК*

Зі структурної схеми видно що:

в 1 Лучі– 15 сигнальних точок;

в 2 Лучі – 12 сигнальних точок.

З таблиці 3.1 отримуємо частотний діапазон кожного з Лучів:

f Луч 1: 384-2304 Гц;

f Луч 2: 384-1920 Гц.

Отримавши цей частотний діапазон можна зробити наступний висновок:

Систему АПК-ДК не можна суміщати із системами старого типу («Нева», «Луч»), через те, що робочі частоти цих систем накладаються на частоти ТС АПК-ДК. В МСДЦ «КАСКАД» цієї проблеми не існує.

Розрахуємо фільтри ФВЧ та ФНЧ для більш коректної передачі сигналів ТС АПК-ДК.

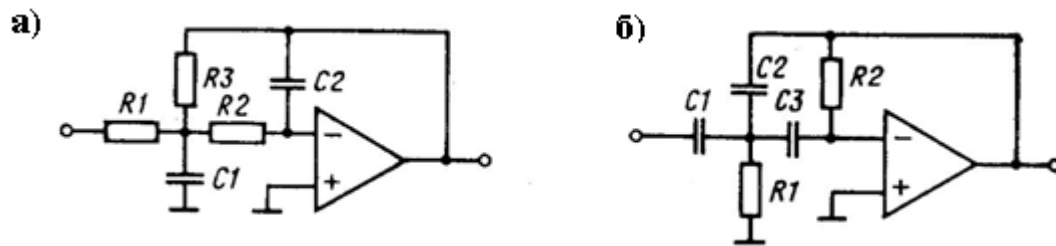


Рис. 3.5 Схеми ФНЧ (а) та ФВЧ (б)

Для фільтра нижніх частот (Рис.3.5 а) частота зрізу  $f_0 = 0,45 / (R_1 * C_1)$ , якщо прийняти  $R_1 = 2 * R_2$ ,  $R_3 = R_1$ ,  $C_1 = 4 * C_2$ .

Для фільтра верхніх частот (Рис.3.5 б) частота зрізу  $f_0 = 0,225 / (R_2 * C_2)$ , якщо  $R_2 = 4 * R_1$ ,  $C_1 = C_2$ ,  $C_3 = 2 * C_2$ . [?]

f ЛУЧ 1 (фільтрувати нижче 300 і вище 2400 Гц):

ФНЧ. ( $f_0 = 300$  Гц)

$$300 = 0,45 / (R_1 * C_1);$$

$$(R_1 * C_1) = 0,45 / 300 = 0,0015;$$

Нехай  $C_1$  буде рівний 50 мкФ, тоді:

$$R_1 = 0,0015 / (50 * 10^{-6});$$

$$R_1 = 30 \text{ Ом};$$

$$R_2 = R_1 / 2 = 30 / 2 = 15 \text{ Ом};$$

$$R_3 = R_1 = 30 \text{ Ом};$$

$$C_1 = 4 * C_2;$$

$$C_2 = C_1 / 4 = 50 / 4 = 12,5 \text{ мкФ (по номінальному ряду E24 – 13 мкФ)}.$$

ФВЧ. ( $f_0 = 2400$  Гц)

$$2400 = 0,225 / (R_2 * C_2);$$

$$(R_2 * C_2) = 0,225 / 2400 = 9,37 * 10^{-5}.$$

Допустимо що  $C_2 = 50$  нФ, тоді:

$$R_2 = (9,37 * 10^{-5}) / (50 * 10^{-9}) = 1874 \text{ Ом (по номінальному ряду E24 – 2000 Ом)};$$

$$R_2 = 4 * R_1; R_1 = 2000 / 4 = 500 \text{ Ом (по номінальному ряду E24 – 510 Ом)};$$

$$C_1 = C_2 = 50 \text{ нФ}; C_3 = 2 * C_2 = 2 * 50 = 100 \text{ нФ}$$

f ЛУЧ 2 (фільтрувати нижче 300 і вище 2000 Гц):

ФНЧ ( $f_0 = 300$  Гц)

$$300=0,45/(R_1 \cdot C_1);$$

$$(R_1 \cdot C_1)=0,45/300=0,0015;$$

Нехай  $C_1$  буде рівний 50 мкФ, тоді:

$$R_1=0,0015/(50 \cdot 10^{-6});$$

$$R_1=30 \text{ Ом};$$

$$R_2= R_1/2=30/2=15 \text{ Ом};$$

$$R_3= R_1=30 \text{ Ом};$$

$$C1=4 \cdot C2;$$

$$C2=C1/4=50/4=12,5 \text{ мкФ (по номінальному ряду E24 – 13 мкФ)}.$$

$$\underline{\text{ФВЧ}} \quad (f_0=2000 \text{ Гц})$$

$$2400=0,225/(R_2 \cdot C_2)$$

$$(R_2 \cdot C_2)=0,225/2000 =1,125 \cdot 10^{-4}.$$

Нехай  $C_2=50$  нФ, тоді:

$$R_2= (1,125 \cdot 10^{-4}) / (50 \cdot 10^{-9}) = 2250 \text{ Ом (по номінальному ряду E24 – 2400 Ом)};$$

$$R_2=4 \cdot R_1; R_1=2400/4=600 \text{ Ом (по номінальному ряду E24 – 620 Ом)}$$

$$C_1=C_2=50 \text{ нФ}; C_3=2 \cdot C_2=2 \cdot 50=100 \text{ нФ}.$$

### **3.8 Розширення функціональних можливостей МСДЦ «КАСКАД» за рахунок узгодження із сучасними системами контролю, ідентифікації та діагностики рухомого складу**

В перспективі, МСДЦ «КАСКАД» потребує розширення своїх функціональних можливостей за рахунок узгодження із сучасними системами контролю, ідентифікації та діагностики залізничного транспорту. Ці нововведення значно спростили б роботу обслуговуючого персоналу у виявленні та прогнозуванні небезпечних відмов, і заощадили матеріальні ресурси залізниці.

В наш час значного поширення набувають системи автоматичної ідентифікації залізничних транспортних засобів. Найбільшого поширення набула система зчитування номерів вагонів типу «Пальма».

Система автоматичної ідентифікації (САИ) «Пальма» працює на основі СВЧ - технології із застосуванням частот 865, 867 і 869 МГц, що дозволяє зчитувати інформацію на великих відстанях при високих швидкостях руху і без проблем узгодити з ДЦ «КАСКАД», так як системи працюють в різних частотних спектрах. Базовий рівень системи утворює опромінююча та фіксуєча апаратура. До її складу входять зчитувач з антеною і кодовий бортовий датчик. Датчик являє собою пасивний елемент, який не містить джерела живлення; необхідна для його роботи енергія надходить від зчитувача у вигляді електромагнітного сигналу.

У країнах бувшого СРСР, планується застосування системи автоматичної ідентифікації «Пальма». Так, в Білорусії прийнято рішення про оснащення полігону залізниць країни САИ «Пальма» протягом двох років. В Україні на жаль ця система існує поки лише в теорії – практично не експлуатується.

САИ «Пальма» дозволяє визначити:

- прибуття, відправлення, проходження поїздом станції;
- прохід локомотива КП заходу/виходу в/з депо;
- захід локомотива на ремонтні позиції і ТО;
- простій на сортувальних станціях;
- подачу та забирання вагонів на під'їзні колії підприємства;
- вихід спеціального рухомого складу на перегін.

Вся ця інформація при ув'язці систем буде передаватись диспетчеру для підвищення ефективності його роботи. Також, використовуючи загальну лінію із частотним розділенням каналів, можливо ув'язати МСДЦ «КАСКАД» з наступними сучасними системами діагностики:

*Система автоматизованого контролю механізму автозчеплення «САКМА»*

Ця підсистема застосовується для контролю наявності несправностей автозчепних пристроїв, з причини яких може відбутися саморозчеплення автозчепу вантажних вагонів на ходу поїзда.

Вона контролює :

знос замків;

- злам направляючого зуба;
- злам запобіжника від саморозчеплення;
- знос замків, поверхонь контуру зачеплення;
- напіввтоплений стан замків;
- тріщини у великому і малому зубі, що приводять у режимі тяги поїзда до розширення зубу;

До складу системи САКМА входять:

- напільна камера;
- блок лазерних випромінювачів;
- стійка сполучення;
- комп'ютер для обробки інформації в приміщенні діагностичного пункту;
- блок безперебійного живлення і модем.

*Автоматизована система контролю відкритих, незафіксованих і деформованих люків і дверей вагонів*

Система призначена для контролю технічного і комерційного стану вантажних вагонів в прибувають на станцію поїздах. Система автоматизованого аналізу і обробки інформації забезпечує автоматизоване виявлення деформацій, відкритих люків, качки та інших несправностей на основі обробки й підсумовування даних, що надходять від камер і датчиків. Система здійснює відображення даних і сигналів тривоги в прибувають на станцію поїздах на АРМ оператора, а так само надає можливість оператору здійснювати аналіз технічного і комерційного стану вантажних вагонів з відеозапису.

*Детектор дефектних коліс ДДК*

Апаратура ДДК відноситься до засобам автоматичної діагностики технічного стану вагонів на ходу поїзда і призначена для виявлення колісних пар з дефектами на поверхні катання коліс, що викликають неприпустимі динамічні перевантаження елементів вагонів і колії. Принцип дії апаратури ДДК заснований на вимірюванні спеціальними тензометричними схемами вертикальних сил, що

діють між колесом і рейкою при їх динамічному взаємодії, і в порівнянні виміряних значень з допустимими нормованими рівнями сил. Перевищення нормованого рівня означає, що на поверхні катання колеса є нерівність (або декілька нерівностей), що викликає неприпустимі динамічні перевантаження коліс і рейок. Відомості про наявність у складі поїзда вагонів з колісними парами, що підлягають огляду і бракуванню, передаються по лінії зв'язку на ПТО, перед яким встановлена апаратура ДЦК, у вигляді текстового файлу з виходів спеціалізованого комп'ютера, встановленого на посту діагностики.

### *Пристрій контролю гальм поїзда УКТП*

Пристрій УКТП призначено для прискореної зарядки і випробування гальм поїздів на ПТО. Пристрій проводить автоматичну реєстрацію ходу випробування гальм і розрахунок параметрів гальмівної системи складу і локомотива з висновком даних в реальному часі на монітор, в мережу АСУ ПТО і на паперовий носій у вигляді графіків і за формою ВУ- 45. Пристрій дозволяє автоматизувати процеси підготовки гальм рухомого складу в парках відправлення, здійснювати контроль над якістю підготовки гальм і дотриманням технологічної дисципліни в парку відправлення.

Ув'язка усіх перелічених систем з системою МСДЦ «КАСКАД» дозволить ДНЦ мати доступ до більш повної інформації про рухомий склад та ефективніше курувати рухом поїздів використовуючи систему ДЦ.

## **3.9 Висновки**

Розроблена підсистема телевимірювання аналогових величин в сигнальних точках автоблокування та її ув'язка з системою ДЦ. Програмне забезпечення АРМа дозволяє диспетчерові або електромеханікові в реальному масштабі часу контролювати роботу пристроїв на перегоні, а також проводити вимірювання для виявлення передвідмовного стану. Електромеханік має можливість перевіряти величину будь якого з контрольованих параметрів дистанційно, що дає можливість проводити перевірку без виїзду на лінію. Крім цього

вимірювання проводиться автоматично без участі людини в фіксації результатів, що зменшує похибки при вимірюванні і дозволяє використовувати програмні засоби для прогнозування відмов.

Сумісне використання ДЦ «КАСКАД» з сучасними системами супутникового моніторингу транспорту FORT дозволить отримувати значно більше інформації про стан контрольованих об'єктів за допомогою ГЛОНАСС/GPS терміналів. Це дасть поштовх до більш раціонального використання паливних ресурсів залізниці та отримання достовірної статистичної інформації про положення, швидкість і реальний маршрут контрольованих об'єктів.

Включення системи АПК-ДК до комплексу МСДЦ «КАСКАД» дозволить зменшити економічні затрати залізниці при впровадженні на нових ділянках системи ДЦ за рахунок використання існуючих систем ДК.

Використання систем ідентифікації рухомого складу є важливим напрямком в розвитку залізничного транспорту, актуальність впровадження яких в сучасних умовах значно зростає. Діагностування основних вузлів рухомого складу істотно скорочує експлуатаційні витрати. Визначення стану апаратури будь-якого лінійного пункту та рухомої одиниці можна дистанційно як з центрального посту, так і з лінійних пунктів. Виконання на перегоні регламентних робіт і усунення несправностей за фактом електромеханіком зведені до мінімуму.

Таким чином запровадження цих технологій і систем в МСДЦ «КАСКАД» дозволить вирішити ряд складних питань, спростити роботу диспетчерів та робітників різних структур і розширити функціональність всієї системи залізничного транспорту в цілому. [10]

## **4 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄДНАННЯ СИСТЕМИ «КАСКАД» З СУЧАСНИМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ (ІТС)**

### **4.1 Класифікація інтелектуальних транспортних систем**

Розробка нових транспортних технологій, мініатюризація і підвищення надійності мікропроцесорної техніки, використання нанотехнологій в багатьох виробництвах, вдосконалення широкосмугових систем передачі даних дозволяють впроваджувати елементи штучного інтелекту на рухомому складі. Все це створює передумови до появи інтелектуального транспорту та транспортних систем (ІТС), включаючи інфраструктуру і рухомий склад.

Інтелектуальна транспортна система – це система, що використовує інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулюванні транспортних потоків, що надає кінцевим споживачам більшу інформативність і безпеку руху, а також якісно підвищує рівень взаємодії учасників руху в порівнянні з звичайними транспортними системами.

ДЦ «КАСКАД» уже являє собою інтелектуальну систему диспетчеризації. В перспективі на майбутнє можливо об'єднати МСДЦ «КАСКАД» із сучасними ІТС. Це значно розширить спектр можливостей, послуг, і функціональності залізничного транспорту.

Різновиди ІТС:

- I. Системи інформування пасажирів
  - інформація перед відправленням;
  - інформування на протязі поїздки;
  - індивідуальні інформаційні послуги.
- II. Системи управління рухом
  - на перегонах (АБТЦМ);
  - на станціях МПЦ (Ebilock-950);
  - ДЦ «КАСКАД», ERTMS.

- III. Системи обслуговування і діагностики транспортних засобів
  - виявлення перегрітих буксових вузлів (ПОНАБ, АСДК-Б, КТСМ);
  - діагностика локомотива;
  - контроль сходу вагонів.
- IV. Системи забезпечення безпеки руху
  - на перегонах АБ;
  - на станціях МПЦ;
  - локомотивні засоби АЛСН, КЛУБ.
- V. Системи для вантажного транспорту
  - автоматична ідентифікація вагонів;
  - ідентифікація грузів (RFID);
  - системи навігації (GPS-модулі, ГЛОНАСС).
- VI. Системи електронних платежів
- VII. Системи моніторингу погоди і зовнішньої середовища.

ІТС існують і зараз на сучасній українській залізниці, проте вони ще не достатньо функціональні і не використовуються в повній мірі. Розвиток ІТС дозволяє вийти на якісно новий рівень створення систем з високою надійністю та ефективністю функціонування, забезпечити високий рівень якості транспортних послуг та безпеки перевезень на українській залізниці.

## **4.2 Використання мереж Петрі для розвитку ІТС**

Одним з напрямком розвитку ІТС є мережі Петрі, вони достатньо точно можуть моделювати поведінку залізничних мереж.

Мережа Петрі — математична абстракція для представлення дискретних розподілених систем. Графічно представляється у вигляді дводольного орієнтованого мультиграфу з маркерами («фішками») (маркований орієнтований граф). Переходи визначають дії. Орієнтовані ребра графу задають зв'язки між позиціями та переходами. Процес функціонування мережі Петрі

полягає в послідовному «виконанні» переходів, та відповідному перерахунку кількості «фішок» у позиціях.

Рух поїздів досить просто моделювати за допомогою мереж Петрі: поїзда моделюються мітками, перегони і блок-ділянки представляються позиціями, управляючі переходи мереж Петрі реалізують умови руху потягів. Моделювання компонентів залізниці у вигляді мереж Петрі може використовуватись як основа для програмної підтримки моніторингу, моделювання і аналізу залізничного транспорту.

Для прикладу приведена ділянка з двома станціями  $A$  і  $B$ , та одноколіїним перегonom з одним роз'їздом. Через  $v1 — v4$  позначені сегменти перегону, а через  $c1$  і  $c2$  – стрілки (рис.4.1). [11]

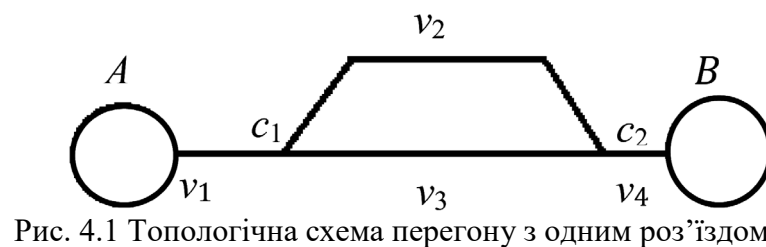


Рис. 4.1 Топологічна схема перегону з одним роз'їздом

А для того щоб вказати можливі напрямки руху будують орієнтовний граф (рис.4.2).

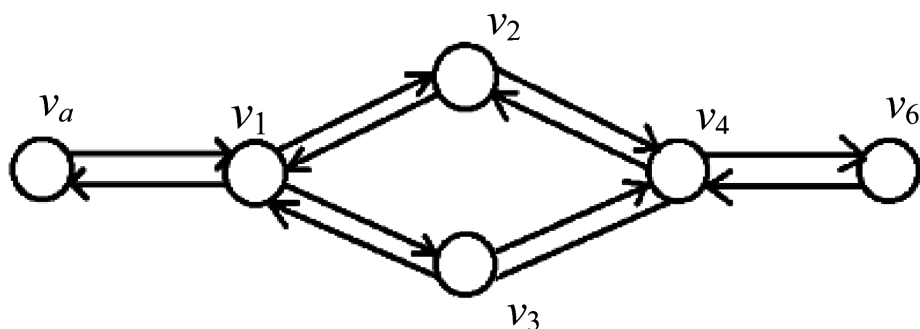


Рис. 4.2 Орієнтований граф перегону

Моделювання в мережах Петрі здійснюється поступово. Визначаються, які дії відбуваються в системі, які стани передували цим діям і які стани прийме система після виконання дії. Аналіз результатів виконання може сказати про те,

в яких станах перебувала або перебувала система, які стани в принципі не досяжні.

Перевага мереж Петрі полягає в тому, що вони можуть бути представлені як у графічній формі (що забезпечує наочність), так і в аналітичній (що дозволяє автоматизувати процес їх аналізу). Моделювати, за допомогою мереж Петрі, роботу залізничного транспорту – це досить інноваційний напрямок розвитку, вектор якого направлений на комп'ютеризацію процесу перевезень, але досить специфічний і не достатньо розвинутий. Можливо це і є майбутнє залізничного транспорту.

Удосконалювання методів діагностування релейно-контактних пристроїв залізничної автоматики і контролю їх параметрів, є важливим і актуальним напрямком спрямованим на підвищення експлуатаційної надійності систем, які забезпечують безпеку руху. Технологія перевірки зазначених пристроїв в умовах ремонтно-технологічної дільниці з ряду причин не задовольняє сучасним вимогам. Існуючі засоби вимірювання і контролю параметрів на даний час фізично і морально застаріли. [11].

#### **4.3 Обробка діагностичної інформації за допомогою штучних нейронних мереж**

Останнім часом широкого розвитку набули математичні методи обробки діагностичної інформації, що базуються на застосуванні штучних нейронних мереж (ШНМ). Цілком очевидно, що основною рисою нейронних мереж є їх здатність навчатися. До числа переваг нейронних мереж можна віднести можливість знаходження прихованих залежностей між несправністю й формою діагностичного сигналу, прийняття рішень в умовах неповної інформації, автоматичної класифікації образів форми сигналу а також прогнозування відмов. Застосування апарата нейронних мереж для діагностування стрілочних переводів за формою споживаного струму

дозволить виявляти більшість несправностей в автоматичному режимі, та своєчасно інформувати про них обслуговуючий персонал.

Переваги нейронних мереж перед обчислювальними системами:

*1. Рішення задач при невідомих закономірностях*

Використовуючи здатність навчання на безлічі прикладів, нейронна мережа здатна вирішувати задачі, в яких невідомі закономірності розвитку ситуації і залежності між вхідними та вихідними даними. Традиційні математичні методи та експертні системи в таких випадках відстають.

*2. Стійкість до шумів у вхідних даних*

Можливість роботи за наявності великої кількості неінформативних, шумових вхідних сигналів. Немає необхідності робити їх попередній відсів, нейронна мережа сама визначить їх малоприслужними для вирішення завдання і відкине їх.

*3. Адаптування до змін навколишнього середовища*

Нейронні мережі мають здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища. Зокрема, нейронні мережі, пристосовані діяти в певному середовищі, можуть бути легко перепрограмовані для роботи в умовах незначних коливань параметрів середовища.

*4. Потенційна надвисока швидкодія*

Нейронні мережі мають надвисоку швидкодію за рахунок використання масового паралелізму обробки інформації.

*5. Безвідмовність*

Беручи до уваги розподілений характер зберігання інформації в нейронній мережі, можна стверджувати, що тільки серйозні пошкодження структури нейронної мережі істотно вплинуть на її працездатність. Тому зниження якості роботи нейронної мережі відбувається повільно. [12]

#### **4.4 Висновки**

Всі розглянуті вище перспективні нововведення кардинально змінять методи управління рухом, серед іншого функція «Автодиспетчер» стане більш інтелектуальною та функціональною, за рахунок збільшення інформативності. Це в свою чергу дозволить системі більш раціонально планувати графік руху, автоматично приймати рішення в нештатних ситуаціях, та «навчатися» на отриманому досвіді. Значно спрощується робота диспетчерів і скорочується їх штат, але все ж таки без участі людини не можливо обійтись.

Тобто всі ці модернізації і нововведення – є майбутнім залізничного транспорту, звісно, це лише питання часу. Нажаль, дуже гостро стоїть питання фінансування цього розвитку, а актуальність його очевидна.

Відверто сказати, на сьогоднішній день українська залізниця перебуває не в найкращому своєму стані, вона як морально так і фізично зношена. Навіть введення нових технологій, і додаткових функціональних можливостей не врятують ситуацію, що склалася. Нові системи і нововведення потребують відповідної сучасної інфраструктури залізниці, для того щоб повноцінно виконувати покладені на них функції. Тож впровадження нових систем на старій основі – це нова шестерня в старому редукторі, яка довго не протримається.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Система «КАСКАД» досить функціональна та надійна, проте технічний прогрес не стоїть на місці. Створюються нові прилади, схемні та програмні рішення, розширюється мікроелектронна елемента база і т.д. Але нажаль, нові розробки частіше з'являються за кордоном ніж в Україні, тому доводиться користуватися досвідом інших держав, купувати їхні прилади, деталі, технології. Цей факт негативно впливає як на існуючі системи, так і на економіку всієї держави взагалі.

ДЦ «КАСКАД» - система яка спеціально розроблена для доріг та умов України. Для того, щоб ця система і на далі була конкурентоспроможною її потрібно якісно вдосконалювати та розвивати. На сьогоднішній день тема уніфікації, та розширення функцій системи МСДЦ «КАСКАД» досить актуальна. Крім того, що система побудована по модульній структурі (можливе підключення нових функціональних модулів), так ще й канал зв'язку не достатньо навантажений. Є зайвий об'єм який можна використати для підвищення надійності роботи та безпеки руху, узгодження ДЦ «КАСКАД» з багатьма існуючими системами, розширення старих функцій, та впровадження нових можливостей.

В магістерській роботі були розглянуті майбутні перспективи розвитку та збільшення функціональних можливостей МСДЦ «КАСКАД». Шляхом розрахунків був зроблений висновок, що канал зв'язку ДЦ «КАСКАД» не достатньо навантажений, є зайвий вільний об'єм, тобто система має всі передумови для розвитку в цілому.

Розроблена підсистема телевимірювання аналогових величин в сигнальних точках автоблокування та її ув'язка з системою ДЦ. Програмне забезпечення АРМа дозволяє диспетчерові або електромеханікові в реальному масштабі часу контролювати роботу пристроїв на перегоні, а також проводити вимірювання для виявлення передвідмовного стану. Електромеханік має можливість перевіряти величину будь якого з контрольованих параметрів дистанційно, що дає можливість проводити перевірку без виїзду на лінію. Крім цього вимірювання проводиться автоматично без участі людини в фіксації результатів,

що зменшує похибки при вимірюванні і дозволяє використовувати програмні засоби для прогнозування відмов.

На сьогодні значного поширення набувають системи супутникового моніторингу. Так запропоновано ув'язати систему МСДЦ «КАСКАД» із терміналом FORT - 300RW, який призначений для отримання інформації про стан контрольованих об'єктів. В свою чергу, термінал FORT має потенціал для власного розширення спектру функцій, наприклад ув'язати з «КЛУБ», що в свою чергу приведе до більш коректного управління рухом поїздів, отримання широких статистичних даних, підвищення пропускну здатності та допустимих швидкостей, заощадження паливних ресурсів УкрЗалізниці.

Є потреба в узгодженні роботи ДЦ «КАСКАД» із існуючими системами контролю перегонів (АПК-ДК, АСДК, УКП-СО і т.д.), а не тільки із ДК «КАСКАД». Це нововведення прискорить процес налагодження апаратури ДЦ-ДК. Як наслідок – зменшення часу проведення експлуатаційно-монтажних робіт, та зниження їх собівартості.

В перспективі на майбутнє, МСДЦ «КАСКАД» потребує розширення своїх функціональних можливостей за рахунок узгодження із сучасними системами контролю, ідентифікації та діагностики залізничного транспорту (САІ «Пальма», «САКМА», «ДДК», «КТСМ» та ін.). Ці нововведення значно спростили б роботу обслуговуючого персоналу у виявленні та прогнозуванні небезпечних відмов, і заощадили матеріальні ресурси залізниці.

Широке використання сучасних систем ІТС, сумісно із ДЦ «КАСКАД» дасть потужний поштовх для виходу на якісно новий рівень безпеки руху, надійності, діагностики існуючих систем, та забезпечить високий рівень якості транспортних послуг на українській залізниці в цілому. ІТС є тою далекою перспективою, яка тільки лише з'являється на горизонті розвитку та інтелектуального підйому української залізниці. На сьогодні ж, основною точкою відліку розвитку залізниці є капітальна перебудова всієї морально і фізично зношеної інфраструктури. Без цього міцного фундаменту не можливо буде досягти бажаних результатів та перспектив.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року.
2. Гавзов, Д.В. Системы диспетчерской централизации / Д.В. Гавзов, О.К. Дрейман, В.А. Кононов, А.Б. Никитин. – М.: Маршрут, 2002. – 407 с. (под общ. ред. проф. Вл. В. Сапожникова)
3. Данько М.І. та ін. Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД» /М.І. Данько, В.І. Мойсеєнко, В.З. Рахматов, В.І. Троценко, М.М. Чепцов: Навч. посібник. – Харків, 2005. – 176 с.
4. Пенкин Н.Ф., Павлов Н.А. Диспетчерская централизация системы «Луч». – М.:Транспорт. 1982. – 303 с.
5. Казаков А.А., Казаков Е.А. Автоблокування, локомотивна сигналізація та автостопа: Підручник для технікумів залізничного транспорту – 7-ме видання, перероблене та доповнене – М.: Транспорт, 1980. – 360 с.
6. Телематический терминал FORT-111GPS. ИЛПГ.305177.039 РЭ Руководство по эксплуатации.
7. Fort-Monitor - Железнодорожный транспорт. [fort-monitor.com.ua/rzd.html](http://fort-monitor.com.ua/rzd.html).
8. Мікропроцесорна система диспетчерської централізації “ КАСКАД ”, Посібник, ТОВ “ АНТРОН ”, Дніпропетровськ, 2001 р.
9. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У): Учебное пособие / В.И. Астрахан, В.И. Зорин, Г.К. Кисельгоф и др.; Под ред. В.И. Зорина и В.И. Астрахана. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. — 177 с.
10. Крамаренко Е.Р. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Курс лекций / Е. Р. Крамаренко - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. - 145 с.: ил.
11. А.И. Потехин., С.А. Браништоф., С.К. Кузнецов/ Дискретно-событийные модели железнодорожной сети.
12. Преимущества нейронных сетей <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/advantages.html> .