

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»

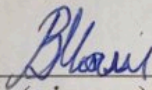
Чайки Валентини Станіславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю буксового вузла вагонів

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

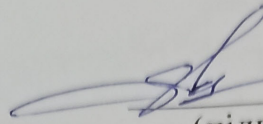

(підпис)

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»

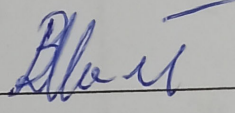
Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

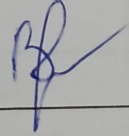
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

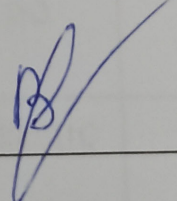
Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема Розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю буксового вузла вагонів

Theme Empowering the functionality of the semi automatic locking for controlling the heating of the axle boxes knot of wagons

Керівник дипломної роботи доцент  Маловічко В.В.

Студент групи АТ2026 (8АТ)  Чайка В. С.

Student АТ2026 (8АТ)  Valentyna Chaika

Дніпро
2021

Український державний університет науки і технології

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

**Спеціальність
ОП**

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Чайка Валентина Станіславівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю буксового вузла вагонів
Empowering the functionality of the semi automatic locking for controlling the heating of the axle boxes knot of wagons

Затверджена наказом по університету _____ від « ____ » _____

2. Термін подання студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Аналіз існуючих систем напівавтоматичного блокування	22	5
2. Робота системи контролю перегріву буксового вузла АСДК-Б	29	4
3. Розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю нагріву буксового вузла	10	1
4. Розробка підсистеми виявлення дефектів коліс вагонів під час руху поїздів	14	2

Студент

Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про обсяг пояснювальної записки: 71 сторінка, 27 рисунків, 17 джерел літератури.

Ключові слова: напівавтоматичне блокування, контроль перегріву букс, контроль стану колеса, діагностування. Задачею даної магістерської роботи була розробка методів та засобів для розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування.

В першому розділі роботи було проведено аналіз роботи систем НАП які експлуатуються в залізничній автоматиці на даний час. Метою аналізу було визначення системи НАП яка найкраще підходить для подальшої модернізації. В результаті прийняте рішення про використання для модернізації системи УКП СО як найбільш підходящої для розширення її функціональних можливостей.

В другому розділі в результаті аналізу принципу дії та структури напільних пристроїв системи АСДК було прийнято рішення про можливість використання даної системи для інтеграції її в якості підсистеми в систему НАБ УКП СО. Зроблено висновок про можливість використання для даних систем спільних датчиків та каналу зв'язку для передачі інформації з можливістю автоматичного пересилання даних від обох систем в систему диспетчерської централізації для автоматичної фіксації результатів роботи на АРМі ДНЦ. Для підвищення надійності роботи та додаткового захисту інформації при передачі по фізичній лінії запропоновано використовувати додатковий активний смуговий фільтр на базі операційного підсилювача розрахунок якого також виконано в даному розділі.

В третьому розділі проведено аналіз роботи системи УКП СО за її принциповою схемою, особлива увага приділялась лініям з'єднання апаратури лінійних пунктів апаратури вирішувального пристрою та колійних датчиків. В результаті прийняте рішення про можливість спільного використання датчиків рахування осей поїзду та відзначених вище ліній одночасно в двох системах УКП СО та АСДК, що дасть значну економію коштів при впровадженні зазначених систем. Виконані структурні схеми ув'язки даних систем між собою та приведені

на відповідних слайдах. Також наведено алгоритм роботи розробленого комплексу і запропонований вибір колійних датчиків для фіксації коліс рухомого складу трьох різних типів що підвищить надійність роботи комплексу в цілому та достовірність отриманих даних про склад поїзда.

В четвертому розділі роботи запропоновано доповнити системи контролю буксового вузла та НАБ УКП СО системою контролю стану коліс рухомого складу. Виконано вибір датчиків для контролю стану колеса та наведено обґрунтування необхідності розробки такої підсистеми, розроблені структурна та принципові схеми, наведено економічні переваги застосування такої підсистеми.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Аналіз існуючих систем напівавтоматичного блокування	9
1.1 Напівавтоматичне блокування РПБ ГТСС	9
1.2 Основні принципи релейного напівавтоматичного блокування системи РПБ ГТСС	11
1.3 Основні принципи релейного напівавтоматичного блокування системи КБ ЦШ	13
1.4 Система контролю стану вільності перегону методом рахування осей УКП СО	14
1.5 Аналіз роботи системи ЕССО	16
1.6 Система напівавтоматичного блокування МНАБ-У	18
1.7 Застосування відеофіксації для систем напівавтоматичного блокування	19
1.8 Висновки до першого розділу	21
2 Робота системи контролю перегріву буксового вузла АСДК-Б	24
2.1 Структура системи АСДК	24
2. Технічні характеристики системи АСДК	25
2.3 Розміщення апаратури системи АСДК	27
2.4 Принцип роботи системи АСДК	31
2.5 Розрахунок смугового фільтра з БЗЗ	39
2.6 Висновки до другого розділу	42
3 Розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю нагріву буксового вузла	44
3.1 Структурна та принципова схема роботи системи УКП СО	44
3.2 Об'єднання систем УКП СО та АСДК в загальний комплекс	46
3.3 Вибір датчиків для рахунку осей	46
3.4 Практичне значення розробленої системи	49
3.5 Висновки до третього розділу	50
4 Розробка підсистеми виявлення дефектів коліс вагонів під час руху поїздів	51

4.1 Актуальність запропонованої модернізації	51
4.2 Обґрунтування вибіру датчиків для контролю стану колеса	57
4.3 Опис структурної схеми підсистеми контролю колеса	61
4.4 Опис принципової схеми контролю колеса	63
4.5 Принцип роботи підсистеми контролю стану колеса	67
4.6 Висновки до четвертого розділу	68
Загальний висновок	69
Перелік посилань	70

ВСТУП

Надійна робота ходових частин вагонів є важливою умовою забезпечення безпеки руху поїздів. Актуальність даної проблеми підвищується в умовах подовження тягових плечей і гарантійних ділянок безупинного прямування вагонів без технічного обслуговування на проміжних пунктах технічного обслуговування (ПТО) вантажних вагонів. Проблема посилюється також об'єктивною необхідністю скорочення чисельності працівників вагонного господарства, зайнятих оглядом поїздів на постах безпеки і технічним обслуговуванням вагонів на ПТО. У цих умовах велике значення надається комплексному використанню засобів технічної діагностики для контролю стану відповідальних вузлів рухомого складу на шляху прямування. При вирішенні цього завдання особливе місце відводиться застосуванню автоматизованих систем виявлення перегрітих букс в поїздах [1].

На даний час на мережі доріг широко використовуються пристрої та системи, засновані на вимірюванні параметрів інфрачервоного випромінювання буксових вузлів типу ПОНАБ-3, ДИСК-Б, КТСМ-01 і АСДК-Б.

Ефективність застосування зазначених систем контролю багато в чому залежить від раціонального розміщення технічних засобів безпеки на гарантійних ділянках. Багаторічний досвід експлуатації технічних засобів контролю показує, що найкращі результати при виявленні перегрітих букс досягаються при централізації контролю в межах гарантійної ділянки або відділення дороги, коли інформація при нагріванні букс з лінійних пунктів контролю надходить на центральний пост, де аналізується по всім інформативним ознакам і приймається рішення про ступінь аварійності букс з урахуванням темпу їх нагрівання при прямуванні поїзда по ділянці.

Точкові датчики використовуються в різних системах для контролю вільності перегону і автоматичного контролю прибуття поїзда на станцію у повному складі. Перегони з напівавтоматичним блокуванням найбільш ефективно переобладнати на системи контролю вільності перегону методом рахування осей рухомого складу. Структурно така система складається з двох

комплектів колійних датчиків на кожен колійний перегон, які встановлюються на виході однієї станції, та на вході іншої. Якщо кількість обрахованих осей на обох комплектах датчиків співпадає, то ділянка залізниці між станціями вважається вільною. При цьому зв'язок між апаратурою обох станцій виконується по окремому каналу.

Для більш ефективної роботи пропонується розробити систему, в якій об'єднуються функції систем контролю вільності перегону та контролю нагріву буксового вузла. При цьому точкові датчики контролю перегону використовуються для запуску апаратури вимірювання нагріву букс. В системі задається така послідовність спрацювання: якщо рухомий склад зайшов на контролюємий перегін, який оснащено напівавтоматичною системою на точкових датчиках, то при спрацюванні комплекту датчиків включається і пристрій контролю нагріву букс. За допомогою такого прив'язування датчиків система дозволяє не використовувати окремі датчики, або рейкове коло, для визначення моменту прослідування потягу по ділянці контролю перегріву букс. Крім цього таке поєднання систем дозволяє користуватись однією лінією зв'язку між станціями, для передачі як інформації про кількість осей рухомого складу, які зафіксовані колійними датчиками, так і для інформації від датчиків нагріву букс. В зв'язку з значною ціною прокладки кабельних ліній вздовж перегону, таким чином виконується економія матеріалів і ресурсів.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ

1.1 Напівавтоматичне блокування РПБ ГТСС

Напівавтоматичним блокуванням (НАБ) називається така система інтервального регулювання, стан входів якої змінюється частково автоматично, під впливом поїздів на шляхові датчики, а частково вручну. Ця система може застосовуватися для регулювання руху поїздів як на одноколійних, так і на двоколійних ділянках.

Огороджувальні відрізки шляху можуть бути міжстанційних перегони і блок-ділянки, роздільними пунктами яких на перегоні є прохідні сигнали блокпостів. Правом на заняття перегона або блок-ділянки поїздом служить дозволяючи показання вихідного сигналу.

Пристрої НАБ виключають можливість відправлення на перегін (блок-ділянку) другого поїзда, якщо перегін ще зайнятий раніше відправленим поїздом. Це досягається тим, що вихідний або прохідний сигнал після того, як проїхав повз нього поїзд закривається і замикається; замикання може бути зняте ДСП наступного роздільного пункту лише після фактичного прибуття туди відправленого поїзда у повному складі [2].

Система НАБ дозволяє дати наказ на відправлення поїзда зі станції при певному стані всіх її входів. Двійковими входами системи НАБ на одноколійній ділянці залізниці можна вважати; x_1 — фактичне прибуття поїзда на станцію і звільнення перегону; стан цього входу змінюється автоматично за допомогою встановлених перед станцією прийому педалей або РЦ наближення; x_2 — прибуття поїзда у повному складі і дійсно вільному міжстанційному перегоні; в більшості випадків ця інформація поступає в систему не автоматично, для введення її черговий по станції (ДСП) заздалегідь сам або через посередника повинен переконатися в наявності на останньому вагоні знаку, який характеризує хвіст поїзда; x_3 — згода сусідньої станції на відправлення поїзда з даної станції; стан цього входу змінює вручну ДСП суміжній станції після телефонного запиту

ДСП станції відправлення; x_4 - приготування і замикання маршруту відправлення; x_5 - відкриття вихідного сигналу, яке робить ДСП. Закриття вихідного сигналу при його проходженні поїздом (x_1) здійснюється автоматично.

Всі вхідні величини реєструються в проміжній пам'яті системи у вигляді певного стану її елементів $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$.

Кожному стану входу x_{n+1} повинно обов'язково передувати подія $x_3 \dots x_n = y_n$. Так, зміни стану входу U_4 -- відкриттю вихідного сигналу - повинні обов'язково передувати логічні події $X_1 \wedge X_2 \wedge X_3 \wedge X_4 = U_4$.

На рис. 1.1. представлений загальний алгоритм роботи НАБ одноколіїної ділянки залізниці.

Для двоколіїної ділянки завдяки спеціалізації колій перегону алгоритм функціонування дещо спрощується за рахунок відсутності входу x_3 , зникає прийом сигналу «Дача згоди».

При необхідності відправлення поїзда на двоколіїну ділянку, ДСП підготовляє маршрут (x_4), і система зі стану y_2 переходить в стан y_4 .

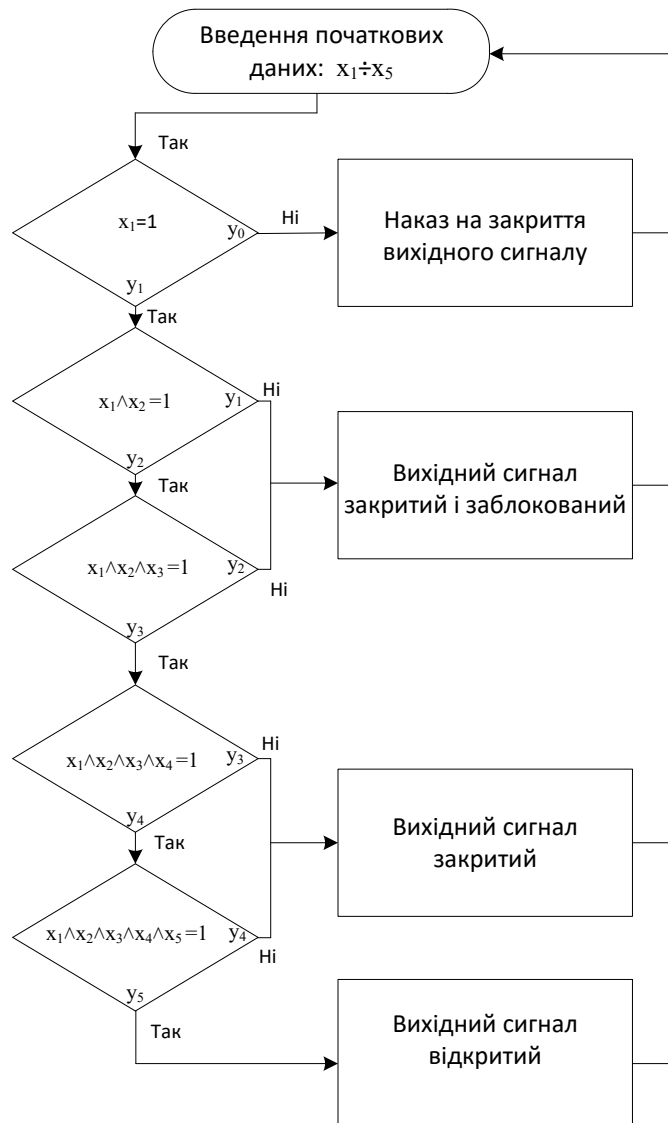


Рис. 1.1.Алгоритм функціонування НАБ

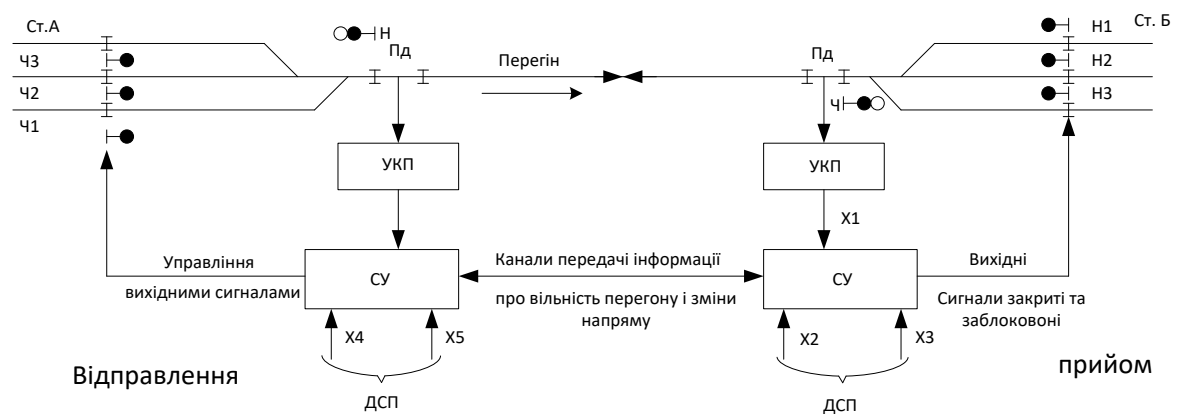


Рис. 1.2. Функціональна схема НАБ

Технічна реалізація даних алгоритмів можлива різними способами, в тому числі і за допомогою мікропроцесорної техніки. Просторове розташування входів для одноколіїної ділянки показано для випадку відправлення поїзда зі станції А на станцію Б (рис. 1.2), де УКП - пристрої контролю слідкування, СУ - станційні пристрої.

На мережі України в основному застосовуються релейні системи НАБ. В електромеханічних системах необхідні залежності здійснюються за допомогою спеціальних апаратів блокування.

На практиці найбільше поширення одержали релейні системи РПБ ГТСС і КБ ЦШ. Системи НАБ не можуть функціонувати без пристроїв станційних залежностей, до яких відносяться маршрутно-контрольні пристрої, пристрої ключової залежності і ЕЦ.

1.2 Основні принципи релейного напівавтоматичного блокування системи РПБ ГТСС

Розглянемо основні принципи побудови та функціонування релейних систем НАБ стосовно на одноколіїних перегонах на прикладі системи ГТСС і станції, обладнаної ЕЦ [3].

При роботі системи ГТСС спільно з ЕЦ на пульті управління ЕЦ передбачається ряд кнопок для введення керуючих сигналів і лампочок для контролю ДСП за станом системи (рис. 1.3). Призначення лампочок: *ЧПП*— «Шляхове прибуття»; *НПО*— «Шляхове відправлення»; *ЧДС*— «Дача згоди»; *НПС*— «Отримання згоди»; *ЧИП*— контрольна лампочка ділянки наближення; *ЧАП*— контрольна лампочка першої колійної ділянки за вхідним сигналом; *ЧП*— лампочка фактичного прибуття поїзда.

перегону, тому ДСП перед введенням в систему сигналу «Дача прибуття» повинен особисто або через посередника переконатися втому, що поїзд дійсно прибув у повному складі.

Це призводить до зниження ефективності вживання ЕЦ на таких станціях, пропускній спроможності перегону і безпеки руху поїздів. Тому доцільно застосовувати автоматичні пристрої, за допомогою яких можна було б без великих матеріальних витрат контролювати прибуття поїзда у повному складі і гарантувати вільність перегону без участі людини. В даній системі розроблявся і автоматичний пристрій контролю прибуття поїзда у повному складі.

Робота пристрою заснована на тому, що при проходженні над контрольною крапкою дороги (між вхідним світлофором і вхідною стрілкою станції) індуктор, встановлений на останньому вагоні складу, передає сигнал «Прибуття» приладам, встановленим на дорозі.

Колійна контрольна точка ПКТ містить блок живлення БП колійного генератора і колійного приймача ПП. На виході приймача включено імпульсне реле ІР, контакт якого фіксує те, що проїхало хвоста поїзда. Колійний індуктор ПІ встановлюється усередині колії. Широкого розповсюдження через низьку надійність дана система автоматичного контролю не набула.

В результаті аналізу визначено що дана система мвикористовує застарілу елементну базу і не є перспективною для впровадження на нових ділянках.

1.3 Основні принципи релейного напівавтоматичного блокування системи КБ ЦШ

НАБ системи КБ ЦШ: не потребує конкретного проектування пристроїв, оскільки для будь-яких станцій, що мають не більше шести колій, застосовуються одні і ті ж схеми і апаратура; об'єм проектно-дослідницьких робіт, скорочується в 2—3 рази, оскільки вона включає лише складання проектного завдання і кошторису. Це дозволяло значно прискорити будівництво, оскільки апаратура виготовлялася на заводах у вигляді функціональних блоків, завдяки чому об'єм будівельно-монтажних робіт на станції скорочується до

мінімуму; не мала механічних замикань (вони замінені релейними залежностями); дозволяла розташовувати прилади як станційного, так і колійного блокування в пості управління чергового по станції (ДСП).

Дана система застосовується з 1964 р. і включає пристрої станційного і колійного блокування, призначена для вживання на одноколійних лініях при будь-якому вигляді тяги, окрім електротяги змінного струму. При електротязі змінного струму, а також на двоколійних лініях можна застосовувати лише пристрої перегінного блокування. Прилади НАБ розміщуються в приміщенні ДСП усередині пульта управління, а на стрілочних постах — в релейних блоках або шафах [2].

Вхідні сигнали при даній системі не мають запрошувальних вогнів. Вихідні світлофори мають бути, як правило, лінзові, такі, що нормально горять. На окремих станціях з недостатньо надійним енергопостачанням допускається вживання вихідних прожекторних світлофорів.

Із сказаного вище виходить, що система КБ ЦШ є ще більш недосконалою та застарілою ніж система РПБ ГТСС і на залізницях України знаходить все менше застосування.

1.4 Система контролю стану вільності перегону методом рахування осей УКП СО

Система УКП СО [4] відповідає вимогам безпеки руху і призначена для вирішення проблем контролю вільності перегону і автоматичного контролю прибуття поїзда на станцію у повному складі. Принцип дії УКП СО базується на підрахунку кількості осей складу, що виходить із станції на перегін, подальшого підрахунку осей поїзда, що прибуває на сусідню станцію цього ж перегону, і порівнянні отриманих результатів. Якщо результати рахунку осей рівні між собою, то формується сигнал вільності перегону, і в результаті наступний поїзд може бути відправлений на даний перегін.

Функціональна схема пристроїв УКП СО приведена на рис.1. У верхній його частині в умовному вигляді показаний послідовний рух поїзда від станції А до станції Б.

Пристрої УКП СО містять: рахункові пункти СП1 станції А і СП2 станції Б з колійними датчиками ПД і датчиками зайнятості ділянки колії ДЗП; станційний вирішальний прилад СРП з контрольно-колійним реле (реле вільності перегону) КП, розташований на станції Б; лінійне коло ЛЦ, що сполучає між собою СП1 і СРП і лінію зв'язку ЛС між СП2 і СРП.

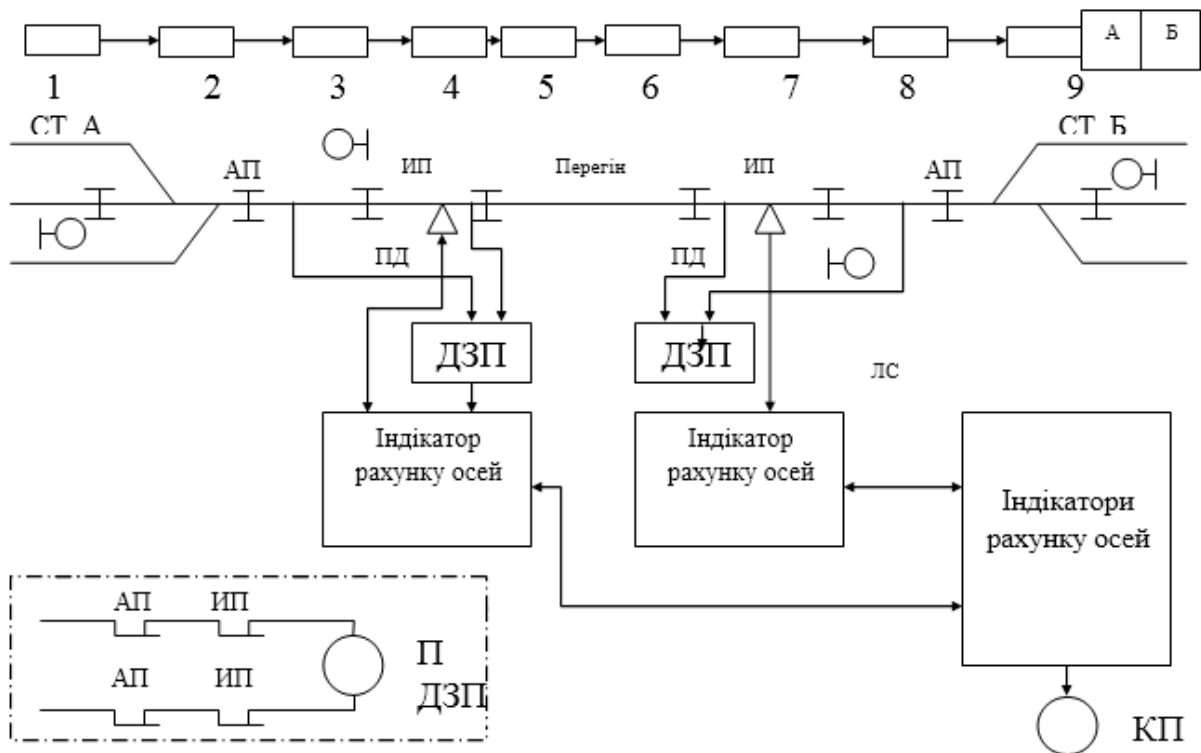


Рис. 1.5 Функціональна схема системи контролю вільності перегону на основі датчиків рахунку осей УКП СО

Апаратура СП1 і СП2 розташовується в релейних шафах вхідних світлофорів. Датчики ДЗП станції А і станції Б призначені для контролю вільності ділянок ИП і АП станцій. В схемі ДЗП обмотка реле П включена через послідовно сполучені фронтові контакти колійних реле ділянок АП і ИП. Вільність одночасно обох ділянок колії, коли реле П знаходиться під струмом, відповідає включеному стану ДЗП. Заняття будь-якої одної або одночасно обох

ділянок - АП або ІП, коли реле П знеструмлюється, відповідає вимкненому стану ДЗП. Дана система на залізницях України знайшла розповсюдження тільки на дорогах промислового транспорту, але при аналізі вона визначена як найбільш перспективна і при багаторічній експлуатації на залізницях РФ вона показує відмінні результати.

1.5 Аналіз роботи системи ЕССО

Система контролю вільності ділянок шляху методом рахунку осей (ЕССО), розроблена і випускається НВЦ «Промелектроніка». Відповідальним елементом системи ЕССО [2] є датчик контролю проходу осей рухомого складу (ДПВ-02). Вузли та блоки ЕССО не вимагають технічного обслуговування в ремонтно-технологічній ділянці, так як система вбудованого контролю виявляє відмови, не допускаючи їх накопичення. Для підвищення продуктивності праці при перевірці системи розроблено спеціальне контрольно-вимірювальне обладнання.

Економічна ефективність застосування системи ЕССО полягає в зниженні вартості обладнання ділянок шляху витрат на утримання пристроїв СЦБ і верхньої будови колії, енергоспоживання обладнанням ЕССО, простоїв рухомого складу і збільшенні пропускної спроможності на ділянках з електротягою, зменшенні опору в ланцюзі пропуску зворотного тягового струму. До складу системи ЕССО входять колійні та постові пристрої (рис.1.6). Колійні пристрої (розрахункові пункти), призначені для підрахунку числа осей, складаються з реверсивних колійних датчиків (РД) індукційного типу з комплектом кріплень на підшви рейок, підлогових електронних модулів (НЕМ). РД і НЕМ утворюють розрахунковий пункт, що розмежовує подібно ізолюючому стику суміжні ділянки шляху. Загальний вигляд обладнання ЕССО приведено на рис. 1.7. Постові пристрої аналізують інформацію про кількість пройдених осей і приймають рішення про вільність або зайнятість ділянок колії. Вони складаються з касети приймачів, плати постових пристроїв, джерела живлення і комунікаційних пристроїв [4].

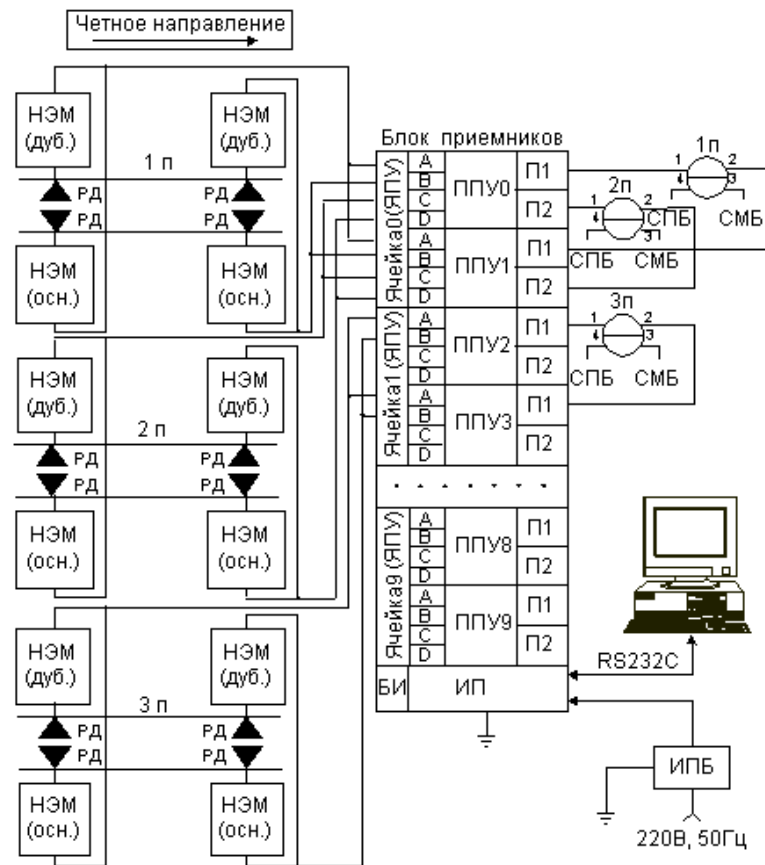


Рис. 1.6 Структурна схема системи контролю вільності перегону на основі датчиків рахунку осей ЕССО

Системи контролю вільності перегону на датчиках рахунку осей значно ефективніші за релейні системи, вирішують поставлену задачу, але їх головним недоліком є те, що при збої системи (наприклад, пошкодження датчику, тощо) для перевірки прибуття поїзду в повному складі необхідно задіяти черговий персонал. Це займає багато часу і затримує поїзд.



Рис. 1.7 Загальний вигляд обладнання системи ЕССО

1.6 Система напівавтоматичного блокування МНАБ-У

На дорогах України пройшла досліdну експлуатацію та впроваджується вітчизняна система МНАБ-У виробництва СНВО «Імпульс» - система інтервального регулювання і забезпечення безпеки руху поїздів на одноколіїних і багатоколіїних малодіяльних перегонах залізниць з будь-яким видом тяги з використанням функції напівавтоматичного блокування [5].

Контроль зайнятості/ вільності перегону здійснюється з використанням апаратури рахунку осей.

Основні функції МНАБ-У

- контроль зайнятості / вільності кожної колії перегону;
- автоматичний контроль цілісності рухомого складу що прибуває на станцію;
- обмін інформацією між сусідніми станціями для реалізації алгоритму напівавтоматичного блокування;
- формування сигналів для ЕЦ;
- кодування рейкових кіл ділянок наближення до станції сигналами АЛС

Переваги системи

- мінімальна кількість станційного обладнання при інтеграції в систему МПЦ-У;
- програмна реалізація логічних залежностей в безпечному центральному процесорі;
- можливість організації на перегоні автоматичного блокпоста;
- наявність інтерфейсів для сполучення з будь-яким типом ЕЦ.

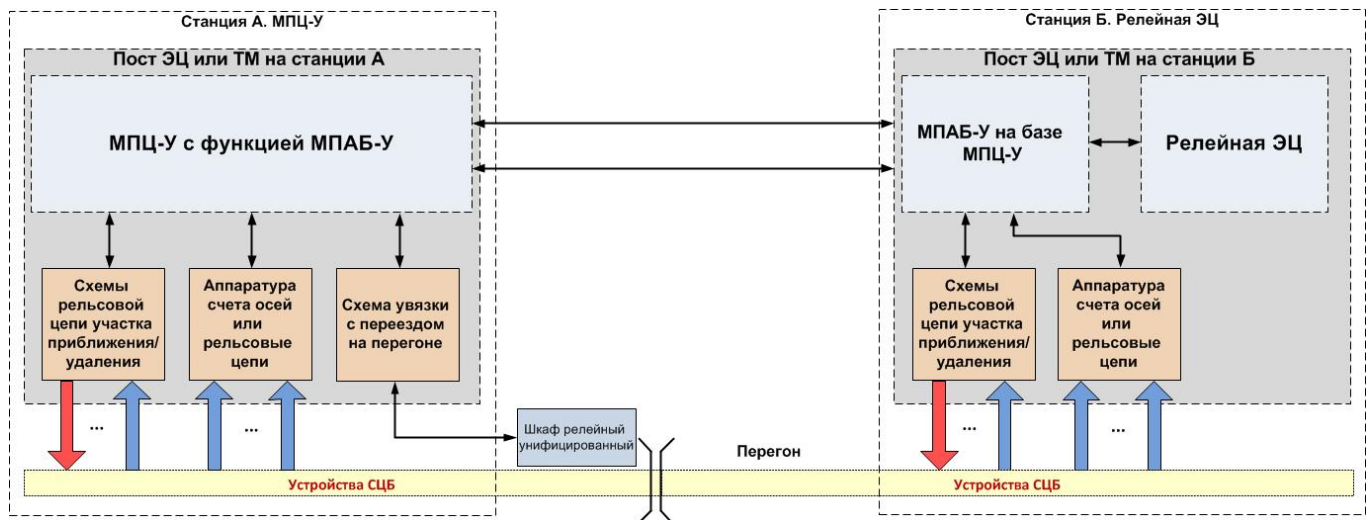


Рис. 1.8 Структура системы МНАБ-У

Загалом дана система відрізняється від закордонних аналогів систем УКП СО та ЕССО лише незначними відмінностями в конструкції а по функціональних можливостях повністю ідентична їм.

1.7 Застосування відеофіксації для систем напівавтоматичного блокування

З інструкції сигналізації на залізницях приведені сигнальні позначення для хвостових вагонів різних вагонів (рис. 1.9) [6].

При використанні системи фото фіксації яка експлуатується на залізницях США, знімки будуть здійснюватися системою автоматично [7]. На опорі біля колії встановлюється камера, яка спрацьовує в певний фіксований момент, коли поїзд виїжджає за межі станції відправлення, або звільняє ділянки наближення на станції прибуття (рис. 1.10). В якості датчика колісної пари використовуються як точкові колійні датчики так і рейкові кола станції та

ділянок наближення. Момент, коли рейкове коло звільняється, відомий. З поста електричної централізації можна взяти цей момент з вільних контактів, коли включається колійне реле ДСФ ділянки віддалення. Також може бути знята інформація в момент включення лампочки білого вогню на пульті. Час, необхідний для зняття інформації з пульта або реле, приблизно декілька секунд. У подальшому можна поставити електронний ключ, який буде реагувати на включення реле. Його можна використовувати для безпроводної передачі інформації від передавача (перетворювача) до приймача (камера).

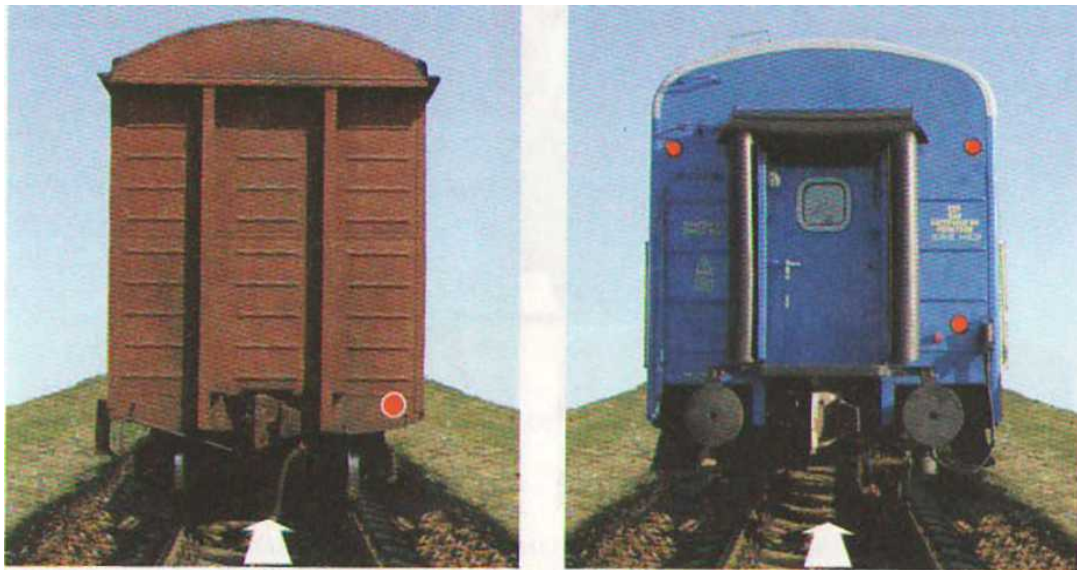


Рис. 1.9 Позначення хвостових вагонів в НАБ

В результаті маємо можливість отримувати фото хвостового вагона в фіксованій точці під постійним кутом до об'єктиву та на постійній відстані від нього. Фотофіксація відбувається, коли поїзд проїжджає ізолюючий стик. Тому відстань від камери до хвостового вагону є постійною. В цілях економії, знаючи розташування сигнального знаку на фотознімку, можна залишати лише праву нижню четвертину знімка для подальшої обробки.

Для встановлення камери можна використовувати опору, спеціалізований стовп, ліхтар або щоглу вихідного світлофора [5]. Камеру встановлюють так, щоб освітлення від ліхтаря було достатнім.



Рис.1. 10 Можливе розташування системи КВПВ на щоглі вихідного світлофору

Використання такої системи дозволяє передавати інформацію поїзному диспетчеру і при відмові системи при не стійкому розпізнанні знаку хвостового вагону є можливість визначити чи перегін вільний без використання для цього додаткового обслуговуючого персоналу. Основним недоліком систем такого типу є вплив погодніх факторів на їх роботу.

1.8 Висновки до першого розділу

Актуальність роботи. Багато перегонів на залізницях України обладнані системами напівавтоматичного блокування. При цьому всі ці системи релейного типу і експлуатуються 30- 50 років. Впровадження сучасних систем НАБ на залізницях України відбувається дуже повільними темпами, при цьому зовсім не враховується можливість розширення їх можливостей за рахунок потенціалу елементної бази на якій вони будуються. Таким чином розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування для контролю нагріву буксового вузла вагонів є надважливою задачею, що робить дану роботу потрібною та актуальною.

Метою роботи є розробка методів та засобів для розширення функціональних можливостей напівавтоматичного блокування.

Завданням роботи є:

- проведення аналізу структури та функціональних можливостей існуючих систем напівавтоматичного блокування з вибором системи для подальшої модернізації.
- аналіз та вибір системи діагностування стану буксового вузла для об'єднання з системою напівавтоматичного блокування.
- розробка засобів та схем об'єднання систем УКП СО та АСДК-Б в загальну систему.
- розробка підсистеми виявлення дефектів коліс вагонів під час руху поїздів.

Об'єкт дослідження – системи напівавтоматичного блокування та системи контролю букс.

Предмет дослідження – методи та засоби ідентифікації перегрітих букс, системи додаткового контролю стану коліс під час руху поїзда, системи рахунку осей рухомого складу.

Для вирішення поставлених задач виконано аналіз існуючих систем НАП та контролю перегріву букс, вирішені питання їх функціональної та конструкторської сумісності, виконано проектування підсистеми контролю стану колеса на мікропроцесорній елементній базі.

Після проведення аналізу роботи систем НАП які експлуатуються в залізничній автоматиці на даний час можна зробити наступні висновки. Використання систем РПБ ГТСС та КБ ЦШ не є доцільним так як дані системи не мають змоги автоматично фіксувати прибуття поїзда в повному складі та використовують застарілу елементну базу. Системи УКП СО та ЕССО є системами мікропроцесорного типу які виконують контроль вільності перегону за рахунок рахування осей рухомого складу та інтенсивно використовуються да догогах РФ з 90х років минулого століття. За час роботи вони показали свою надійність та по відгуках система УКП СО має незначні перепади по простоті регулювання та обслуговування. Вітчизняна система МНАБ-У практично не відрізняється від системи УКП СО по функціональним можливостям але поки що не пройшла достатню перевірку часом, так як на залізницях України

встановлена тільки на декількох перегонах. Використання систем НАБ на базі фото фіксації також має ряд недоліків пов'язаних з ускладненням роботи системи при поганих погодніх умовах. В результаті аналізу прийняте рішення про використання для модернізації системи УКП СО як найбільш підходящої для розширення її функціональних можливостей.

2 РОБОТА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПЕРЕГРІВУ БУКСОВОГО ВУЗЛА АСДК-Б

2.1 Структура системи АСДК

Для модернізації системи НАП з додаванням систем контролю перегрітих букс вибрана система АСДК-Б. Устаткування системи АСДК-Б можна розділити на три функціональні і територіально розосереджені складові: обладнання перегінне (напільне і постове) і станційне [8].



Рис. 2.1 Структурна схема лінійного пункту контролю

Перегінне обладнання розміщується на підході до станції, де передбачається зупинка поїзда для огляду і ремонту перегрітих букс, і підрозділяється на напільне і постове.

Обмін даними та командами між станційним і перегінним обладнанням забезпечується каналоутворюючою апаратурою передачі даних і виділеною двухпровідною лінією зв'язку (двоточечною лінією зв'язку, яка представляє собою два-чотири провідника, скручені попарно) .

Крім того, для отримання сигналу про наближення поїзда використовується двухпровідна лінія передачі, яка підключається до контактів колійного реле ділянки наближення.

Станційний пульт контролю і сигналізації на базі ПЕОМ призначений для відображення, зберігання та документування даних, які від перегінного обладнання, формування оптичних і акустичних сигналів тривоги.

Стійка управління перегінним обладнанням в якості ядра постового обладнання використовує МПК. Його основні функції - управління роботою перегінного обладнання, обробка отриманих даних і підготовка їх для передачі на станційний пульт контролю і сигналізації. Стійка управління містить також джерело безперебійного живлення перегінного обладнання, блок обігріву вхідних вікон камер підлогових.

За допомогою обладнання централізації інформації лінійні пункти через канал зв'язку з'єднується з апаратурою центрального посту.

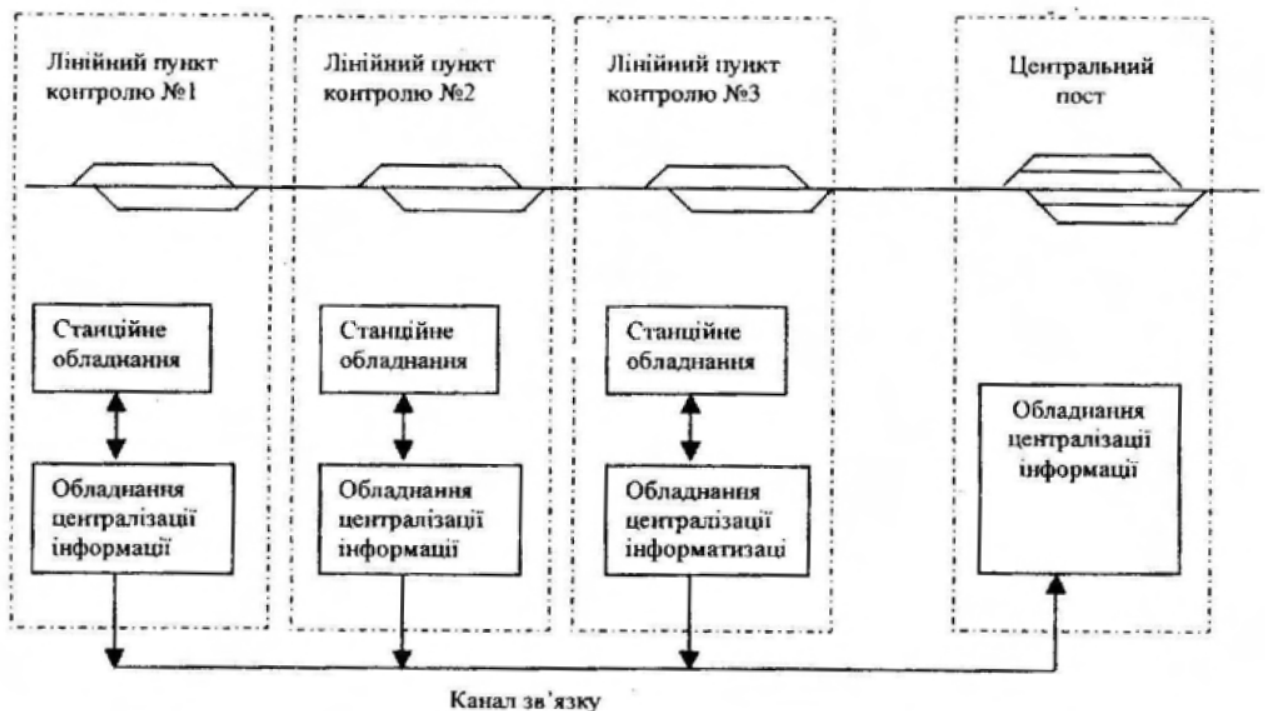


Рис. 2.2 Централізована система

2.2 Технічні характеристики системи АСДК

Умови експлуатації

- Живлення від двох силових фідерів (основного і резервного) змінної напруги промислової частоти (50 ± 1) Гц;
- Робоча температура навколишнього середовища для напольного обладнання від -45°C до $+55^{\circ}\text{C}$, для постового обладнання від $+1^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$, для станційного обладнання від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики :

- діапазон швидкостей контрольованих поїздів від 5 до 250 км/год;
- число рухомих одиниць в поїзді до 200;
- мінімальний інтервал часу між двома поїздами, які проходять зону контролю, 2 хвилини;
- максимальне число поїздів, що проходять зону контролю на добу до 240;
- час готовності до роботи після подачі живлячої напруги не більше 3 хвилин; вимірювання температури в ° С з кроком 1 °С;
- діапазон вимірюваних температур від температури оточуючого середовища до + 101 ° С;
- похибка вимірювання температури не більше 2 °С;
- виявлення перегрітих буксових вузлів не менше 95 %;
- дальність передачі інформації по двопровідній фізичній лінії зв'язку або виділеному каналу тональної частоти з 4 -х або 2 - х дротяним закінченням не менше 30 км.

Габаритні розміри

- Камера підлогова (без сонцезахисної кришки)
довжина не більше 240 мм,
діаметр (без кабельного вводу) не більше 200 мм;
- Стійка управління перегінним обладнанням
довжина не більше 590 мм ,
ширина не більше 402 мм,
висота не більше 1370 мм

Маса:

- Камера напольна не більше 13 кг;
- Стійка керування не більше 130 кг.

Середній термін служби 10 років.

2.3 Розміщення апаратури системи АСДК

Перегінне обладнання основних засобів контролю встановлюється на підході до станції, де має бути зупинка поїздів у випадку виявлення в них несправних рухомих одиниць, з урахуванням забезпечення можливості зупинки поїзда до вхідного світлофора.

Перегінне обладнання повинне розташовуватися: на тій частині перегону, де не застосовується (систематично) службове гальмування, не виконується перевірка дії гальм, часті зупинки поїздів, реалізуються найбільші з допустимих швидкостей руху поїздів; на прямих ділянках колії, на відстані не менше ніж 500 м за напрямком руху поїздів від кривих радіусом менше 1000 м і не менше ніж 500 м в обидва боки від посадочних платформ (для нових встановлень). Розміщення перегінного обладнання ближче від кривої чи на кривій (з радіусом більше 1000 м) допускається при обґрунтуванні неможливості прийняття іншого рішення.

Напільне обладнання повинне розміщатися в місцях, не підвернених сніжними заметами, скупченню талих і зливових вод, на стійкому земляному полотні, баластовий шар якого не піддається підпученню і розрідженню. Напільні пристрої повинні встановлюватися посередині рейкової ланки (на ділянках безстикової колії — на відстані не менше 50 м від стику). При розміщенні напільних датчиків систем виявлення дефектів коліс та перевантажених вагонів на поверхні кочення рейок у зоні встановлення цих датчиків не повинно бути нерівностей (відшарувань, вибоїв, пробуксовок, сідловин, хвилеподібних деформацій і бугрів у місці зварювання стиків) розміром більше 1,5 мм, а на ділянках напрямків руху швидкісних поїздів - розміром більше 1,0 мм.

При виборі місць розміщення перегінного обладнання засобів контролю необхідно враховувати можливість доставки до цих місць обслуговуючого персоналу (наявність поблизу автомобільних доріг, пунктів зупинок електропоїздів тощо). Розміщення цього обладнання бажано здійснювати

поблизу переїздів, що обслуговуються черговим працівником та інших споруд, що обслуговуються або охороняються.

На електрифікованих ділянках залізниць не дозволяється встановлювати перегінне обладнання поблизу нейтральних вставок та повітряних проміжків контактної мережі, постів секціонування, рогових розрядників, пунктів паралельного з'єднання і відсмоктуючих трансформаторів. Відстань від перегінного обладнання до вказаних пристроїв електроживлення повинна бути не менше 3 км за напрямком руху поїздів.

Напільне обладнання розміщується безпосередньо на колії (рис. 2.3).

До складу напільного обладнання входять :

- Напільні камери (ІК вимірювачі температури). У комплект входить чотири камери. Дві камери для контролю температури корпусів правої і лівої букс (БП, БЛ) і дві камери для контролю температури подступічних частин правого і лівого колеса (СП, СЛ);
- точкові колійні датчики проходу коліс для синхронізації роботи перегінного обладнання. У комплект входить три датчика проходу коліс типу ДПД-01 (ДПК1, ДПК2, ДПК3);
- коробка колійна з рейковим колом накладення (РКН) ;
- чотири платформи для установки камер підлогових;
- чотири кожуха з пристроєм обігріву для захисту камер підлогових від сонячної радіації та снігових заметів;
- чотири огорожі для захисту камер підлогових від волочаться предметів.

Датчики ДПК2 та ДПК3 розташовуються таким чином, щоб вони знаходилися в середині зони дії рейкового кола накладення. Встановлюються на кронштейн, приладнаний до струбцини. Струбцина, в свою чергу, приєднується до рейки.

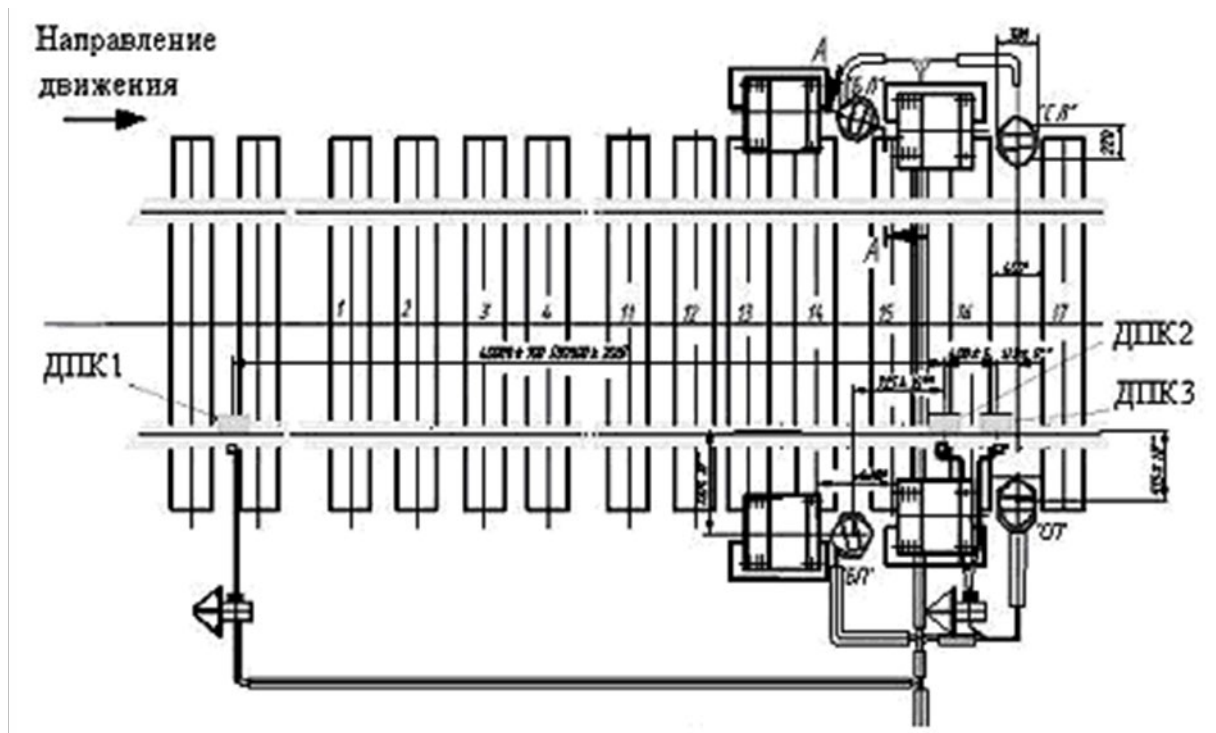


Рис. 2.3 Розміщення напільного обладнання

Постове обладнання розміщується в спеціальному приміщенні поблизу місця установки підлогового обладнання з урахуванням габариту наближення будівель та допустимої довжини кабелів підлогових пристроїв (не більше 20 м). До складу постового обладнання входять :

- стійка управління перегінним обладнанням;
- датчик температури навколишнього середовища;
- щиток ввідно-ізолюючий для захисту апаратури та обслуговуючого персоналу від небезпечних напруг і струмів, що виникають в лінії зв'язку;

- щиток ввідно-силовий (щиток квартирний типу ЩК -15) .

До складу стійки управління перегінним обладнанням (рис. 2.3) входять:

- блок вторинних перетворювачів сигналів;
- МПК з модемом 1200 (ISA);
- джерело безперебійного живлення з акумуляторним блоком;
- блок обігріву входних вікон камер підлогових;
- плата сигналізації - індикаторна плата для візуального контролю стану перегінного обладнання.

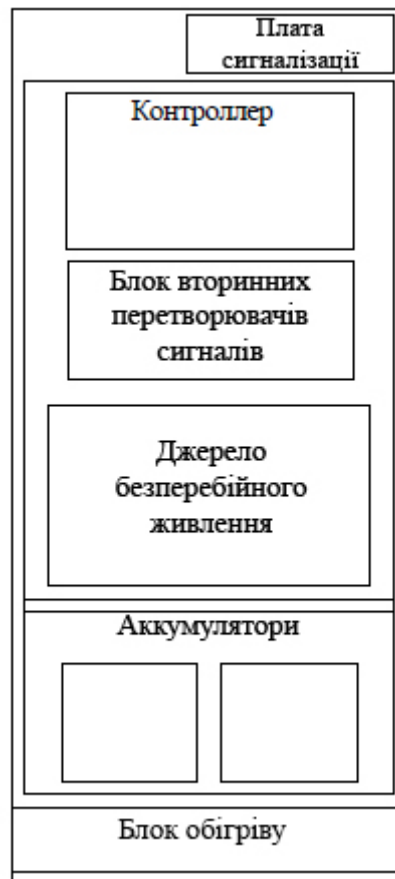


Рис. 2.3 Стійка управління перегінним обладнанням

Для автоматичної адаптації роботи перегінного обладнання до зміни температури навколишнього середовища використовується датчик температури навколишнього середовища.

Станційне обладнання розміщується в приміщенні чергового по станції (ДСП) або пункту технічного огляду вагонів (ПТО). До складу станційного обладнання входять:

- станційний пульт контролю і сигналізації;
- щиток ввідно-ізолюючий для захисту апаратури та обслуговуючого персоналу від небезпечних напруг і струмів, що виникають в лінії зв'язку;

- щиток ввідно-силовий (щиток квартирний типу ЩК -15) .

Станційний пульт контролю і сигналізації містить :

- системний блок ПЕОМ на базі центрального процесора типу Pentium;

- вбудований модем 1200 (PCI) , що забезпечує взаємодію станційного пульта з перегінним обладнанням;
- кольоровий графічний монітор з високим дозволом для відображення візуальної інформації;
- клавіатуру з двомовною маркуванням клавіш (кирилиця - латиниця) для введення інформації ;
- акустичні колонки;
- матричний принтер для автоматичного друку звітів про роботу підсистеми АСДК-Б ;
- джерело безперебійного живлення для забезпечення роботи системного блоку і монітора протягом від 5 до 10 хвилин з моменту відключення мережевого живлення і для захисту апаратури від різких перепадів напруги мережі.

Джерело безперебійного живлення підключається до розетки з напругою 220 В із заземлюючим контуром, опір якого не перевищує 4 Ом. До нього під'єднуються ПЕОМ, монітор та принтер.

2.4. Принцип роботи системи АСДК

Підсистема базова АСДК-Б являє собою стаціонарний комплекс телеметричної апаратури, яка розміщувалася уздовж залізничного полотна на підходах до станцій, і призначена для автоматичного виявлення перегрітих буксових вузлів проходять по ньому поїздів, передачі та реєстрації на станції інформації про кількість і розташування таких буксових вузлів у минулому поїзді.

Автоматичне розпізнавання перегрітих буксових вузлів здійснюється в результаті оцінки температури шийки осі колеса за даними дистанційного контролю температури корпусу букси і ступічної частини.

Оцінка температури шийки осі колеса здійснюється наступним чином: прийом напільними камерами інфрачервоного випромінювання від зазначених конструктивних елементів коліс, перетворення випромінювання в електричний сигнал і передача сигналів на стійку керування перегінним обладнанням. При

цьому перші дві (по ходу поїзда) напільні камери забезпечують контроль температури оглядової кришки і задньої стінки корпусу букси лівого і правого колеса колісної пари і називаються буксовими - ліва і права буксові (БЛ і БП) . Дві наступні напільні камери забезпечують контроль температури ступічної частини лівого і правого колеса колісної пари і називаються ступічні - ліва і права ступічні (СЛ і СП).

Для формування сигналу про вступ поїзда на ділянку наближення (блок ділянку, що передує ділянці, де встановлено перегінне обладнання), використовується сигнал сповіщення (сигнал СЦБ), за яким формується команда почала калібрування камер підлогових перед проходом поїзда.

Рейкове коло накладення (РКН) видає сигнал, що підтверджує наявність поїзда в зоні контролю, для формування команди початку і закінчення контролю.

Під час проходження датчики проходження коліс генерують імпульсні сигнали, які призначені для:

- формування команд « Модулятор » і « Шторка » за якими включається привід модулятора і відкривається шторка кожної напільної камери при заході поїзда в зону контролю (по сигналу ДПК1);
- формування часового інтервалу, прив'язаного до моменту проходження колісної пари щодо напільних камер. У цьому інтервалі за сигналами ДПК2 («Старт») і ДПК3 («Стоп») здійснюється контроль температури об'єкта, що знаходиться в полі зору камери підлогової;
- рахунку осей потягу, що проходить (за сигналами ДПК3);
- вимірювання швидкості поїзда (по вимірюванню тимчасових інтервалів між сигналами ДПК1 і ДПК2).

Сигнали від напільного обладнання надходять по кабелях до постового обладнання на стійку керування перегінним обладнанням.

Принцип дії напільної камери

Напільна камера являє собою оптико-електронний прилад, що перетворює ІЧ випромінювання, яке надходить при дистанційному контролі від оглядової кришки і задніх стінок корпусів букс, підступічних частин потягу, що

проходить, в електричний сигнал. Амплітуда цього сигналу пропорційна потоку ІЧ випромінювання поверхні контрольованого вузла.

Як приймач ІЧ випромінювання у камері застосований фотодетектор на основі селеніду свинцю, охолоджуваний двокаскадним термоелектричним охолоджувачем. Застосований в камері підлогової системи АСДК-Б приймач ІЧ випромінювання відрізняється високими фотоелектричними характеристиками і високою експлуатаційною надійністю, тому що виготовляється з матеріалу і за технологією, які добре освоєні вітчизняними спеціалізованими підприємствами.

Напільна камера складається з двох відсіків: приймального І і приладового ІІ (рис. 2.4).

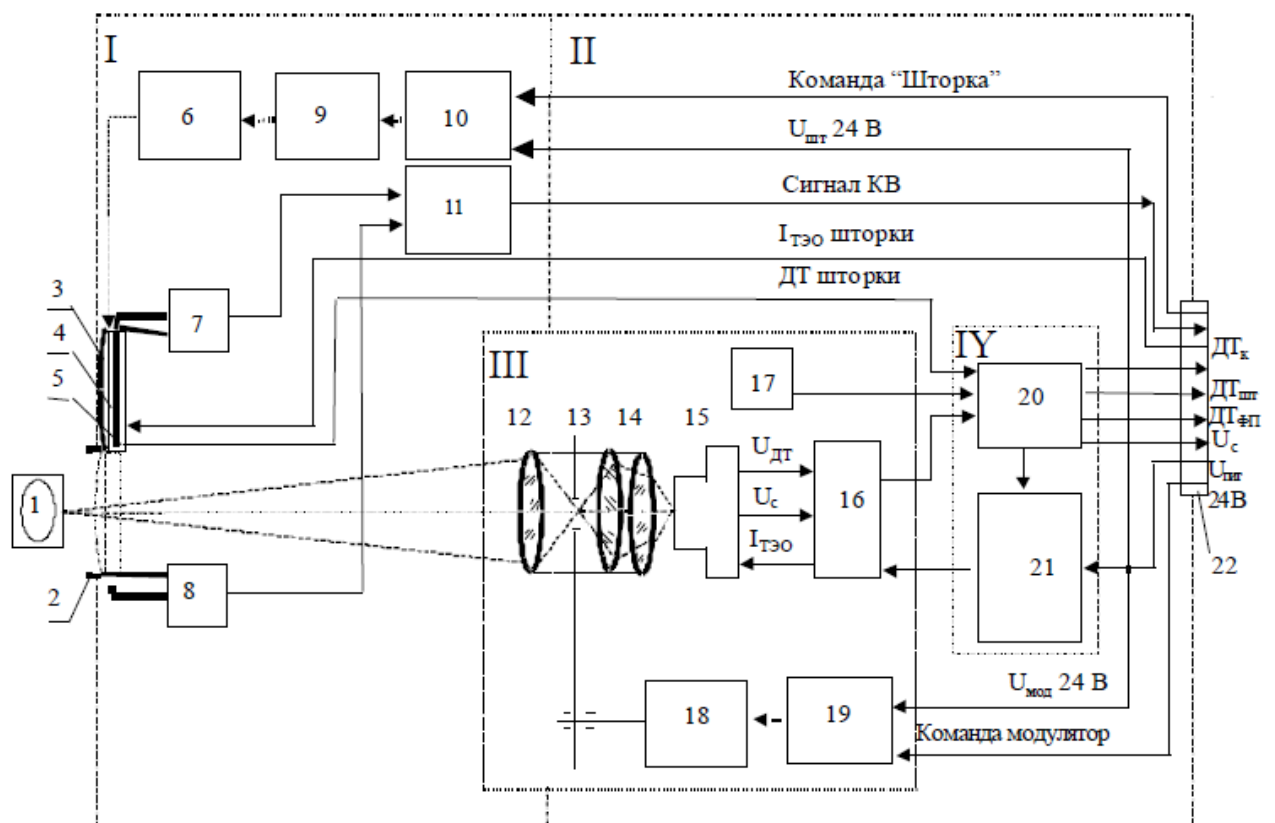


Рис. 2.4 Блок-схема камери напільної

Робота напільної камери здійснюється при подачі команд від МПК, що входить до складу постового обладнання підсистеми базової АСДК-Б.

У приймальному відсіку є входне вікно 2, яке орієнтоване на контрольований вузол 1. Входне вікно перекривається захисною шторкою 3 при відсутності поїзда в зоні контролю. На внутрішній стороні захисної шторки

встановлений калібратор 4 (мідна пластина, яка розігрівається елементом Пельтьє), що є джерелом інфрачервоного випромінювання при калібруванні каналів контролю .

Захисна шторка і контактний датчик температури 5 змонтовані в одному вузлі (вузол шторки) таким чином, що при закритому входному вікні випромінююча поверхня нагрівального елемента перебуває в полі зору об'єктива оптичного блоку напільної камери - 12. Вузол шторки переміщається електроприводом, відкриваючи або перекриваючи входне вікно камери по команді мікропроцесорного контролера. До складу електроприводу входить електродвигун 9, блок управління 10, редуктор 6 і кінцеві вимикачі 7 і 8.

У приладовий відсік камери входять: блок оптичний III , блок електронний IV і вузол вихідного роз'єму 22 .

До складу оптичного блоку камери входять:

- об'єктив 12;
- модулюючий диск 13 ;
- лінзовий конденсор 14 ;
- малоінерційний напівпровідниковий приймач ІЧ випромінювання 15;
- охолоджуваний вбудованим термоелектричним охолоджувачем, попередній підсилювач 16;
- датчик температури камери 17;
- електропривод модулюючого диска (електродвигун 18 і блок управління 19) .

Блок електронний складається з блоку підсилення 20 і блоку перетворення 21, який забезпечує перетворення напруги + 24 В, яке живить камеру, в стабілізовану напругу + 15 В для живлення блоку підсилення 20 і приймача ІЧ випромінювання, а також містить стабілізований джерело струму 1 А для живлення термоелектричного охолоджувача приймача ІК випромінювання.

Блок електронний призначений для посилення і фільтрації вихідного сигналу попереднього підсилювача приймача випромінювання, формування аналогових сигналів датчика температури калібрувального випромінювача (вих. ДТшт), датчика температури фоточутливого елемента (вих. ДТФ) і датчика температури камери (вих. ДТК). Крім того, блок електронний перетворює напругу живлення напільної камери +24 В в напругу $\pm 15 (\pm 0,6)$ В для живлення фотоприймача, підсилювача, попереднього підсилювача і в постійний стабілізований струм 1...1,8 А для живлення термоелектричної батареї охолодження фотоприймача випромінювання.

Підсилювач складається з вхідного каскаду з регульованим коефіцієнтом посилення, активного смугового фільтра, що настроюється на частоту 3000 кГц і двох вихідних каскадів. Формувачі аналогових сигналів датчиків температури фотоприймача і напільної камери, а також формувач сигналу температури калібрувального випромінювача виконані на операційних підсилювачах.

Перетворювач напруги складається з двотактного генератора ШІМ, реалізованого на контролері TL494IN, двотактного вихідного каскаду на транзисторах з трансформаторним виходом, випрямляча на діодах, двополуперіодного випрямляча, малопотужних лінійних стабілізаторів напруги, фільтрів на дроселях, підсилювача сигналу помилки, формувача опорної напруги, виконаного на основі інтегратора зі стабілізованою напругою насичення, елементів гальванічної розв'язки в колі зворотного зв'язку, транзистора в ланцюзі дистанційного керування інтегратором. Робоча частота задаючого генератора ШІМ-контролера задається RC-ланцюжком і становить 75 кГц. Частота транзисторного перетворювача в два рази менше частоти задаючого генератора. Значення вихідного струму можна регулювати резистором.

Температура калібратора вимірюється контактним датчиком - чутливим елементом типу ТЕМ на основі мідного термоперетворювача опору. Для контролю температури охолодження фоточутливого шару приймача ІЧ випромінювання і температури всередині камери використовуються звичайні напівпровідникові діоди, при цьому використовується залежність нахилу прямої

гілки вольтамперної характеристики р-п переходу напівпровідника від температури.

На фланці камери змонтована 19 - контактна вилка.

Камера має три режими експлуатації:

- « Очікування початку вимірювань» ;
- « Калібрування перед проходом поїзда» ;
- « Вимірювання параметрів поїзда».

Робота напільної камери в режимі « Очікування початку вимірювань» .

У режимі « Очікування початку вимірювань» живленням забезпечується блок електронний, а також фоточуттєвий шар приймача випромінювання, термоелектричний охолоджувач приймача випромінювання, попередній підсилювач і датчик температури камери. Електроприводи вузла шторки і модулюючого диска знеструмлені. Вхідна вікно камери підлогової перекриває вузол шторки. У цьому режимі камера для підлоги споживає від джерела живлення +24 В струм величиною $0,24 (\pm 0,1)$ А.

Робота напільної камери в режимі « Калібрування перед проходом поїзда».

Режим « Калібрування перед проходом поїзда » необхідний для забезпечення заданої точності вимірювання (зменшення впливу зміни температури навколишнього середовища, забруднення оптики, догляду параметрів електронних блоків каналу виміру) і виконується після подачі живлення на перегінне обладнання підсистеми базової АСДК-Б і перед кожним проходом поїзда повз поста контролю .

У режимі « Калібрування перед проходом поїзда» на напільну камеру від постової апаратури підсистеми базової АСДК -Б подається команда « Модулятор » (- 24 В). При цьому електропривод модулятора розкручує модулюючий диск до швидкості 50 об/сек, яка підтримується схемою стабілізації оборотів приводу з точністю ± 1 об/сек. Цим забезпечується частота модуляції потоку випромінювання на вході приймача випромінювання $3000 (\pm 60)$ Гц). Одночасно на калібратор від стійки управління перегінним обладнанням подається струм 2

А. При цьому відбувається розігрів випромінюючої поверхні калібратора зі швидкістю $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в секунду до температури $(t_{нач} + 20\text{ }^{\circ}\text{C})$. Значення $t_{нач}$ визначається МПК, що входять до складу апаратури постового обладнання підсистеми базової АСДК-Б, і залежить від температури навколишнього середовища. При зміні температури калібратора в діапазоні від $t_{нач}$ до $(t_{нач} + 20)$ ± 3 апаратурою підсистеми базової АСДК-Б через кожні $(1 \pm 0,2)$ $^{\circ}\text{C}$ реєструються свідчення контактних датчиків температури калібратора і відповідні їм значення вихідних сигналів напільної камери. Після завершення вимірювання в температурному діапазоні від $t_{нач}$ до $(t_{нач} + 20)$ $^{\circ}\text{C}$ по команді постового обладнання вимикається живлення модулятора і калібратора.

Робота напільної камери в режимі « Вимірювання параметрів поїзда ».

При появі поїзда в зоні контролю від постової апаратури підсистеми базової на напільну камеру подається команда « Модулятор » і « Шторка » (-24 В). При цьому відкривається вхідне вікно напільної камери, модулюючий диск розкручується до номінальної швидкості $50 (\pm 1)$ об / сек. Час відпрацювання команд - не більше $0,4$ с. Інфрачервоне випромінювання контрольованого вузла 1 через вхідне вікно камери підлогової надходить на вхідне вікно об'єктива оптичного блоку і фокусується об'єктивом 12 в площині модулюючого диска 13. Модульований потік випромінювання через конденсор 14 надходить на фоточутливий елемент приймача випромінювання 15, що перетворює падаюче модульоване випромінювання в електричний сигнал з частотою $3000 (\pm 60)$ Гц і амплітудою, пропорційної падаючому потоку випромінювання. Вихідний сигнал приймача випромінювання через попередній підсилювач 16 надходить на вхід блоку підсилення 20, який посилює і фільтрує вхідний сигнал. Характеристики смугового фільтра підсилювача: $f_0 = 3000$ Гц , $2 * f_{0,7} = 800$ Гц. Вихідний сигнал блоку посилення надходить на контролер постового устаткування, де за калібрувальної характеристики визначається температура контрольованої поверхні.

У разі виявлення аварійних вузлів з рівнями нагріву «Тривога 1», «Тривога2» на станційному пульті контролю і сигналізації здійснюється видача

керуючих сигналів для включення мовного інформатора, світлового показчика перегрітих буксових вузлів та інших сигналізують пристроїв.

Залежно від рівня температури проконтрольованого вузла поїзда система передає на монітор станційного пульта контролю і сигналізації:

- передаварійні сигнали «Тривога 0»;
- аварійні сигнали «Тривога 1»;
- сигнали критичного рівня «Тривога 2».

Видача на моніторі станційного пульта контролю і сигналізації сигналів тривоги супроводжується відповідним кольоровим і звуковим сигналами :

- для сигналу «Тривога 0» - переривчастий звуковий сигнал протягом 5 с і миготливе аварійне повідомлення «Тривога 0 Тривога 0 Тривога 0 » на зеленому тлі;

- для сигналу «Тривога 1 » - переривчастий звуковий сигнал до скасування оператором і миготливе аварійне повідомлення «Тривога 1 Тривога 1 Тривога 1» на ліловому тлі;

- для «Тривога 2 » - переривчастий звуковий сигнал до скасування оператором і миготливе аварійне повідомлення «Тривога 2 Тривога 2 Тривога 2» на червоному тлі.

- Аварійний сигнал «Тривога 1 (гальма)» передається при виявленні загальмованих колісних пар на монітор станційного пульта контролю і сигналізації. Сигнал "Тривога 1 (гальма) » для загальмованих колісних пар видається у випадку, якщо обидва канали контролю температури подступічних частин коліс (канали ступичні лівої і ступичні правої камер напольних) зафіксували температуру, що перевищує або рівну порогу «Тривога 1» , за результатами контролю подступічних частин однієї і тієї ж осі.

У разі, якщо різниця між температурою проконтрольованого буксового вузла і середнім значенням температури буксових вузлів одного боку рухомої одиниці, отримана за даними одного з каналів контролю температури апаратури підсистеми базової АСДК-Б, знаходиться в діапазоні значень 15° С ... +35° С, на

екран станційного пульта контролю і сигналізації видається передаварійний сигнал "Тривога 0 (різниця)». Конкретне значення порога по різниці з кроком 1° С встановлюється на станційному пульті контролю і сигналізації.

У разі виявлення аварійних вузлів в рівнями нагріву «Тривога 1», «Тривога2» на станційному пульті контролю і сигналізації здійснюється видача керуючих сигналів для включення мовного інформатора, світлового показника перегрітих буксових вузлів та інших сигналізують пристроїв.

2.5 Розрахунок смугового фільтра з БЗЗ

Для позбавлення від завад в каналі передачі інформації пропонується застосувати активний смуговий фільтр.

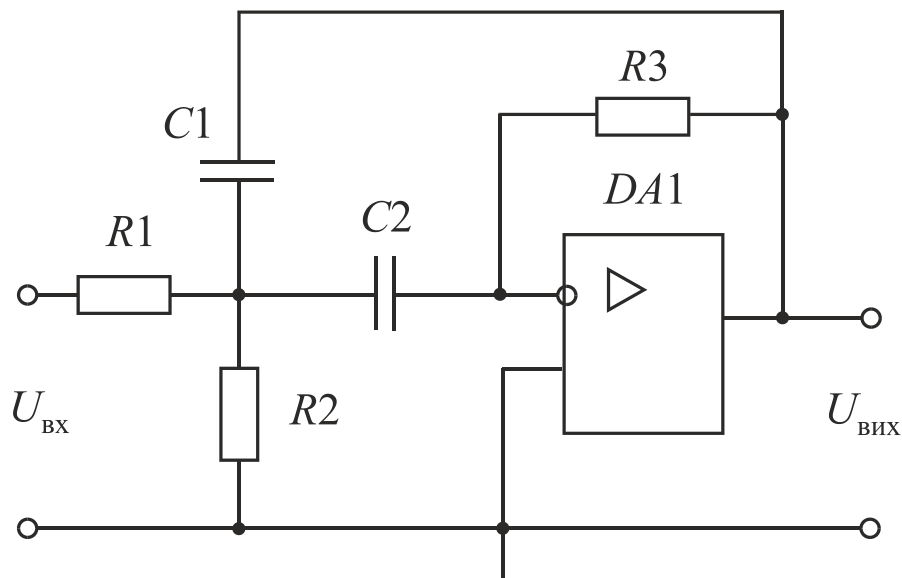


Рис. 2.5 Активний смуговий фільтр другого порядку з багатоланковим зв'язком

1. Обираємо тип операційних підсилювачів для побудови фільтра. Необхідно, щоб виконувалась умова

$$f_1 \geq 100 f_{\text{нес}}, \quad (2.1)$$

де f_1 – частота одиничного підсилення операційного підсилювача.

Обираємо операційний підсилювач 140УД6, у якого $f_1 = 1 \text{ МГц}$.

$$1 \times 10^6 \geq 100 \times 2200,$$

$$1 \times 10^6 \geq 0,22 \times 10^6$$

Умова виконується.

2. Визначаємо параметри передатної функції першого каскаду

$$\rho_1 = K_1 \sqrt{C} / Q, \quad (2.2)$$

$$\beta_1 = D / E, \quad (2.3)$$

$$\gamma_1 = D^2, \quad (2.4)$$

де K_1 – коефіцієнт підсилення першого каскаду фільтра, Q – добротність кожного каскаду. Рекомендується обрати $K_1 = 1$, $Q = 5 \dots 10$. Параметри D і E розраховуються наступним чином:

$$E = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{C + 4Q^2 + \sqrt{(C + 4Q^2)^2 - (2BQ)^2}}{2}}, \quad (2.5)$$

$$D = \frac{1}{2} \left[\frac{BE}{Q} + \sqrt{\left(\frac{BE}{Q} \right)^2 - 4} \right], \quad (2.6)$$

де B і C – коефіцієнти, які обираються у відповідності до заданого типу фільтра.

Для фільтру Баттерворта $B = 1,4142$, $C = 1$.

Підставивши дані у формули 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, маємо наступні результати:

$$\rho_1 = \frac{1 \times \sqrt{1}}{7,5} = 0,133$$

$$E = \frac{1}{1,4142} \times \sqrt{\frac{1 + 4 \times 7,5^2 + \sqrt{(1 + 4 \times 7,5^2)^2 - (2 \times 1,4142 \times 7,5)^2}}{2}} = 10,619$$

$$D = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1,4142}{7,5} + \sqrt{\left(\frac{1,4142}{7,5} \right)^2 - 4} \right) = 1,048$$

$$\beta_1 = \frac{1,048}{10,619} = 0,099$$

$$\gamma_1 = 1,048^2 = 1,099$$

3. Визначаємо центральну частоту смуги пропускання фільтру

$$\omega_0 = 2\pi f_{\text{нec}}. \quad (2.7)$$

Підставивши дані у формули 2.7, маємо наступні результати:

$$\omega_0 = 2 \times 3,14 \times 2200 = 8796 \text{ Гц}$$

4. Обираємо ємність конденсаторів $C1$, $C2$ першого каскаду (у мкФ)

$$C1^I = C2^I = \frac{20\pi}{\omega_0} \cdot [\text{мкФ}]. \quad (2.8)$$

$$C1^I = C2^I = \frac{20 \times 3,14}{8796} = 7,143 \times 10^{-3} \text{ мкФ}$$

5. Визначаємо опір резисторів першого каскаду

$$R1^I = \frac{1}{\rho_1 \omega_0 C1^I}, \quad (2.9)$$

$$R2^I = \frac{\beta_1}{\left[C1^I (\gamma_1 - \rho_1 \beta_1) + \gamma_1 C2^I \right] \omega_0}, \quad (2.10)$$

$$R3^I = \frac{1}{\beta_1 \omega_0} \left(\frac{1}{C1^I} + \frac{1}{C2^I} \right). \quad (2.11)$$

Підставивши дані у формули 2.9, 2.10, 2.11, маємо наступні результати:

$$R1^I = \frac{1}{0,133 \times 8796 \times 7,143 \times 10^{-9}} = 119,4 \text{ кОм}$$

$$R2^I = \frac{0,099}{(7,143 \times 10^{-9} \times (1,099 - 0,133 \times 0,099) + 1,099 \times 7,143 \times 10^{-9}) \times 8796} \\ == 720 \text{ кОм}$$

$$R3^I = \frac{1}{8796 \times 0,099} \times \left(\frac{1}{7,143 \times 10^{-9}} + \frac{1}{7,143 \times 10^{-9}} \right) = 322,4 \text{ кОм}$$

6. Визначаємо параметри передатної функції другого каскаду

$$\rho_2 = K2 \sqrt{C} / Q, \quad (2.12)$$

$$\beta_2 = 1 / DE, \quad (2.13)$$

$$\gamma_2 = 1 / D^2, \quad (2.14)$$

Рекомендується обрати $K2 = 1$.

Підставивши дані у формули 2.9, 2.10, 2.11, маємо наступні результати:

$$\rho_2 = \frac{1 \times \sqrt{1}}{7,5} = 0,133$$

$$\beta_2 = \frac{1}{10,619 \times 1,048} = 0,09$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1,048^2} = 0,91$$

7. Обираємо ємність конденсаторів $C1$, $C2$ другого каскаду (у мкФ)

$$C1^{II} = C2^{II} = \frac{20\pi}{\omega_0} \cdot [\text{мкФ}]. \quad (2.15)$$

$$C1^{II} = C2^{II} = \frac{20 \times 3,14}{8796} = 7,143 \times 10^{-3} \text{ мкФ}$$

8. Визначаємо опір резисторів другого каскаду

$$R1^{II} = \frac{1}{\rho_2 \omega_0 C1^{II}}, \quad (2.16)$$

$$R2^{II} = \frac{\beta_2}{\left[C1^{II}(\gamma_2 - \rho_2 \beta_2) + \gamma_2 C2^{II} \right] \omega_0}, \quad (2.17)$$

$$R3^{II} = \frac{1}{\beta_2 \omega_0} \left(\frac{1}{C1^{II}} + \frac{1}{C2^{II}} \right). \quad (2.18)$$

Приймаємо, що номінальна потужність розсіювання для всіх резисторів фільтру дорівнює 0,125 Вт.

Підставивши дані у формули 2.16, 2.17, 2.18, маємо наступні результати:

$$R1^{II} = \frac{1}{0,133 \times 8796 \times 7,143 \times 10^{-9}} = 119,4 \text{ кОм}$$

$$R2^{II} = \frac{0,09}{(7,143 \times 10^{-9} \times (0,91 - 0,133 \times 0,09) + 0,91 \times 7,143 \times 10^{-9}) \times 8796} = 790,8 \text{ кОм}$$

$$R3^{II} = \frac{1}{8796 \times 0,09} \times \left(\frac{1}{7,143 \times 10^{-9}} + \frac{1}{7,143 \times 10^{-9}} \right) = 354,3 \text{ кОм}$$

2.6 Висновки до другого розділу

В результаті всестороннього аналізу принципу дії та структури напільних пристроїв системи АСДК було прийнято рішення про можливість використання даної системи для вбудови її в якості підсистеми в систему НАБ УКП СО. По результатам аналізу зроблено висновок про можливість використання для даних

систем спільних датчиків та каналу зв'язку для передачі інформації з можливістю автоматичного пересилання даних від обох систем в систему диспетчерської централізації для автоматичної фіксації результатів роботи на АРМі ДНЦ. Для підвищення надійності роботи та додаткового захисту інформації при передачі по фізичній лінії запропоновано використовувати додатковий активний смуговий фільтр на базі операційного підсилювача розрахунок якого також виконано в даному розділі.

3 РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ НАГРІВУ БУКСОВОГО УЗЛА

3.1 Структурна та принципова схема роботи системи УКП СО

Апаратура ЛП1 станції А містить три колійні датчики КД1...КД3, лічильний прилад ЛП-Ц, що складається з лічильного пристрою ЛП, блоку приведення приладів ЛП в початковий стан БИС, пристрої вбудованого технічного контролю УВТК і приймача-передавач дискретної інформації ППДІ. До складу ЛП входять три лічильники осей ЛО1...ЛО3 і мажоритарний елемент МЕ. Приймач-передавач ППДІ містить передавач сигналу “прямого каналу” ПерПК, приймач “зворотного каналу” ПрОК і трьохрозрядний цифровий індикатор “ЧИСЛО ОСЕЙ”. До складу апаратури ЛП1 також входять контрольні реле К1...К3, датчики D1...D6 контролю справності функціональних вузлів ЛП1 і індикатори їх стану VD1...VD6. Структурна схема знаходиться на відповідному слайді [9].

Електроживлення апаратури лічильних пунктів ЛП1 і ЛП2 здійснюється від двох напруг. Перше – змінне 220 В (ПХ, ОХ) поступає з існуючої релейної шафи вхідних світлофорів. Друге – постійне 12 В (ПБ, МБ) від акумуляторної батареї, встановленої в батарейній шафі (БШ).

Специфічною особливістю електроживлення апаратури системи рахунку осей, на відміну від релейних пристроїв СЦБ, є необхідність безперебійної живлячої напруги при різних аварійних ситуаціях в електросистемах або перемикання фідерів. Не допускається використання постійних напруг, що подаються в апаратуру системи рахунку осей через контакти аварійних реле. Це зв'язано з тим, що виникаючі при цьому “провали” постійних напруг живлення логічних ИМС в схемах ЛП і ЛРП можуть викликати нерегулярні збої в роботі апаратури. Тому живлення приладів ЛП і ЛРП здійснюється від акумуляторних батарей, що працюють в буферному режимі з випрямлячем.

Як джерела живлення БПН, БПЧ і БПЧ-РЦ, напруга яких використовується для передачі лінійних сигналів, застосовуються типові блоки живлення БПШ. Включені в їх вихідні кола трансформатори, обмотки яких включені щодо струмів які протікають через них назустріч в режимі дроселів, призначені для захисту від імпульсних перенапружень, що виникають через вплив контактної мережі тягового струму, ЛЕП, грози і інше. Резистори опором 300 Ом служать для приведення хвильового опору лінії зв'язку до стандартного, що потрібен для виконання умов оптимальності прийому і передачі сигналу.

З'єднання окремих блоків і приладів системи рахунку осей виконується спеціальними штатними кабелями.

Існує два варіанти підключення до ЛК апаратура ЛП1 а також два варіанти зв'язку апаратури ЛРП і ЛП2 які відображені на принциповій схемі суцільними та штрих пунктирними лініями. Якщо є достатній запас жил в кабелі від поста ЕЦ до вхідного світлофора “Ч” станції Б, то використовують дві лінії зв'язку. Перша для включення реле П (передача постійної напруги по лінії П, ОП) і друга – для обміну інформаційними кодовими сигналами між приймачами-передавачами ЛП2 і ЛРП (лінія КПЧ, ОКПЧ). При цьому крапки в місцях з'єднання ліній П, ОП, КПЧ, ОКПЧ в рахунковому пункті ЛП2 відсутні. У разі відсутності жил які вимагаються, використовується тільки одна лінія зв'язку (П, ОП) з накладенням кодового сигналу на постійну складову напруги.

В колі передачі постійної напруги від ЛРП на реле КПН ЛП1 станції А (через лінійне коло ЛЧ, ОЛЧ) включені контакти реле КПЧМ. Його ж контакти ввімкнені в кола перемикачів живлення ламп контролю перегону ЛКП станції Б. Це реле, що є повторювачем реле КПЧ, має уповільнення на включення, рівне 3...5 секунд, яке виконується конденсаторним блоком КБМШ-6. Введене уповільнення потрібне для виключення короткочасної розбіжності ламп червоного вогню ЛКП після звільнення перегону. Поява промигування обумовлено наступними процесами роботи системи. Реле КПЧ включається після того, як ЛРП, отримавши інформацію про рівність числа осей складу, що пройшов, передає на ЛП1 і ЛП2 сигнал “ЗК”. У відповідь на це при справній апаратурі рахункові пункти передають на ЛРП сигнали квітання.

Унаслідок дискретних процесів роботи приладів і неможливості введення деяких сигналів в інформаційні цикли, сигнали квитування можуть поступати на входи ЛРП неодноразово. Таким чином, з'являється короткочасне неспівпадання сигналів на входах ЛРП, що призводить аналогічно до короткочасного виключення реле КПЧ. Введений повторювач реле КПЧ з уповільненням усуває цей недолік і виключає промигування лампи червоного вогню ЛКП на пультах-табло чергових по станціях.

3.2 Об'єднання систем УКП СО та АСДК в загальний комплекс

Для більш ефективної роботи розробили систему, в якій об'єднуються функції систем контролю вільності перегону та контролю нагріву буксового вузла. При цьому точкові датчики контролю перегону використовуються для запуску апаратури вимірювання нагріву букс. В системі задається така послідовність спрацювання: якщо рухомий склад зайшов на контролюємий перегін, який оснащено напіваавтоматичною системою на точкових датчиках, то при спрацюванні комплексу датчиків включається і пристрій контролю нагріву букс. За допомогою такого прив'язування датчиків система дозволяє не використовувати окремі датчики, або рейкове коло, для визначення моменту прослідкування потягу по ділянці контролю перегріву букс. Крім цього таке поєднання систем дозволяє користуватись однією лінією зв'язку між станціями, для передачі як інформації про кількість осей рухомого складу, які зафіксовані колійними датчиками, так і для інформації від датчиків нагріву букс. Структурна схема об'єднання виконана на відповідному слайді. Також на слайді зображений алгоритм роботи розробленої системи. В зв'язку з значною ціною прокладки кабельних ліній вздовж перегону, таким чином виконується економія матеріалів і ресурсів, а дана розробка є економічно обґрунтованою та актуальною.

3.3 Вибір датчиків для рахунку осей

В системах рахунку осей найбільше поширення знайшли індукційні датчики, які забезпечують працездатність у всіляких кліматичних умовах, за наявності потужних магнітних полів тягового струму і ліній зовнішнього електроживлення [10].

Індукційні датчики через простоту їх схемних і конструктивних рішень і, як наслідок підвищеної надійності є найбільш поширеним типом безконтактного датчика і застосовуються на залізницях багатьох країн в двох основних модифікаціях: магнітоіндукційні (з постійним магнітом) і індукційних електромагнітних (із змінним магнітним полем).

Для системи яка розробляється потрібні три датчика, для більш надійної роботи візьмемо датчики трьох різних типів. Так як індукційні датчики, отримали найбільше розповсюдження в системах ЖАТ. Перший датчик застосуємо із ситеми УПК СО - ДПЭП.

Практична конструкція та електрична схема колійного датчика складається не з однієї котушки, а є значно складнішою. Це обумовлено двома обставинами. Перша із них заключається в тому, щозміни вихідної напруги $\Delta U_{\text{вих}}$, обумовлені проходженням над вихідною котушкою колеса, малі і не перевищують декілька сотень мілівольт при наявності постійної амплітуди змінної напруги на виході котушки $U_{\text{вих}}=10\ldots15$ В. Значить для надійного виділення величини настільки відносно малого значення напруги $\Delta U_{\text{вих}}$ застосований диференційний спосіб виділення корисного сигналу, після чого треба було ввести додатково вихідну котушку.

Друга причина ускладнення заключається в необхідності введення контролю працездатності та закріпленого стану датчика на рейці. Це також обумовлено введенням додаткових вихідних котушок КД.

Розміщення котушок в реальному колійному датчику та спрощена схема їх включення вказані на відповідному слайді.

Датчик має чотири вхідні котушки: 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 з однаковою кількістю витків. Вони розміщенні вздовж подовжньої осі індуктора 3 та над ним. Відстань від подовжньої осі котушок до рейки різна: котушки 4.1 та 4.2 встановленні далі від рейки, чим котушки 4.3 і 4.4. Вхідна напруга котушок відповідно до їх порядкового номеру позначені як $U_{\text{вих1}}$, $U_{\text{вих2}}$, $U_{\text{вих3}}$ і $U_{\text{вих4}}$. Балансованими резисторами R_A і R_F диференційної схеми виділення корисного сигналу здійснюється настройка КД після його установки на рейку та підстроювання при необхідності в

процесі експлуатації. Ланцюг $R''_{\Phi}C_{\Phi}$ служить для фільтрації високочастотних перешкод. Трансформатор $TV_{\text{вих}}$ виконує функції узгодження рівнів сигналів. Його вихідна напруга U_C , яка знімається з вторинної обмотки ω_2 , поступає далі на селективний підсилювач змінної напруги (на схемі умовно не вказаний).

Оптоелектронні ключі S_1 і S_2 (ИМС типу 293КП1), яким керують світодіоди $VD1$ і $VD2$, відповідно, здійснюють шунтування вихідних котушок 4.1 і 4.3 для виконання функції тестування КД. Керування роботою світодіодів виконується двома різнополярними імпульсними сигналами, умовно позначеними як один сигнал $U_{\text{упр}}$.

На схемі показано вмикання тільки двох котушок 4.1 і 4.3. Котушки 4.2 і 4.4 ввімкнені на аналогічну електричну схему, процеси роботи якої не відрізняються від розглянутих нижче для котушок 4.1 і 4.3.

Котушки 4.1 і 4.3 ввімкнені назустріч, тому сумарна вихідна напруга, яка поступає на схему балансування, дорівнює $\Delta U_{\text{вих}} = U_{\text{вих1}} - U_{\text{вих3}}$.

Якщо магнітний зв'язок між індуктором 3 з кожною із котушок однаковий, то напруга $U_{\text{вих1}}$ і $U_{\text{вих3}}$ будуть рівні між собою, відповідно з чим отримаємо, $\Delta U_{\text{вих}}=0$. Через те що котушки 4.1 і 4.3 розташовані на різних відстанях від рейки 1 та зміщені відносно подовжньої осі індуктора 3, то їх вихідні напруги з початку різні і напруга $\Delta U_{\text{вих}} \neq 0$.

При відсутності колеса над котушками для приведення вихідної напруги схеми до нульового рівня ($U_C=0$) служить схема балансування. Регулювання схеми, тобто отримання нульового рівня сигналу, виконується почерговим обертанням потенціометрів R_A і R_{Φ} в результаті чого встановлюють мінімальний рівень сигналу U_C . На цьому балансування схеми закінчене.

Другий датчик який пропонується для рахунку осей в розробленій системі типу ШМП-93 (датчик Штанке магнітний перешкодостійкий) показано на мал. 2.5. Датчик ШМП-93 відрізняється від інших датчиків наявністю в магнітній голівці двох котушок з магнітами [11].

Не вимагає електричного живлення. Внаслідок проходження колеса рухомого складу над датчиком з будь-якого напрямку формується однаковий двохполярний

імпульс ЕДС, амплітуда якого пропорційна, а тривалість зворотно пропорційна швидкості руху колеса.

Центр електричного імпульсу збігається з центром голівки датчика.

В якості третього датчика використаємо датчик із системи ЕССО — ДПВ-02. У середині магнітної голівки індукційного електромагнітного датчика ДПВ-02 системи ЕССО розташовані дві пари котушок. Обмотки котушок включені зустрічно для компенсації ЕДС, що наводяться тяговим струмом. Змінним струмом джерела живлення в обмотках наводиться ЕДС, що змінюється при проходженні гребеня колеса над котушкою. Для визначення напрямку руху поїзда частоти струмів, наведених ЕДС в кожній парі котушок, різні (50 і 150 кГц).

3.4 Практичне значення розробленої системи

Дана система пов'язує в собі НАБ та систему контролю нагріву букс. За допомогою цієї ув'язки для передачі даних використовується одна лінія. Датчики УПК СО використовуються також для системи АСДК.

Застосування технології рахунку осей дозволяє вирішити завдання забезпечення безпеки руху поїздів на ділянках, де рейкові колеса відсутні або не можуть працювати надійно. Впровадження цих систем забезпечує безпеку руху поїздів і сприяє стабільній роботі систем залізничної автоматики, зниження експлуатаційних витрат і втрат від розкрадань і переходу до малолюдних технологій обслуговування.

Система розроблена з урахуванням усіх вимог безпеки руху: відмова або збій в роботі будь-якого вузла призводить до вимикання колійного реле даного контрольованої ділянки і появи індикації про несправності. Система адаптована до вітчизняних умов експлуатації, захищена від небезпечних відмов при несправності вузлів і модулів, високому рівні електромагнітних перешкод, стійка до якості ліній зв'язку та кваліфікації обслуговуючого персоналу і відноситься до класу малообслуговуваних. Характеризується блочно-модульною конструкцією, що забезпечує високу технологічність обслуговування і ремонтпридатність, і відсутністю будь-яких регулювань при установці і заміні блоків.

Економічна ефективність застосування системи полягає в зниженні вартості обладнання ділянок шляху витрат на утримання пристроїв СЦБ і верхньої будови колії, енергоспоживання обладнанням, зменшенні опору в ланцюзі пропуску зворотного тягового струму. Для отримання додаткового економічного ефекту необхідно впроваджувати не окремі нові пристрої та системи ЖАТ, а проводити комплексну модернізацію та оновлення систем забезпечення безпеки руху.

3.5 Висновки до третього розділу

В даному розділі роботи проведено аналіз роботи системи УКП СО за її принциповою схемою, особлива увага приділялась лініям з'єднання апаратури лінійних пунктів апаратури вирішувального пристрою та колійних датчиків. В результаті прийняте рішення про можливість спільного використання датчиків рахування осей поїзду та відзначених вище ліній одночасно в двох системах УКП СО та АСДК, що дасть значну економію котів при впровадженні зазначених систем. Виконані структурні схеми ув'язки даних систем між собою та приведені на відповідних слайдах. Також наведено алгоритм роботи розробленого комплексу і запропонований вибір колійних датчиків для фіксації коліс рухомого складу трьох різних типів що підвищить надійність роботи комплексу в цілому та достовірність отриманих даних про склад поїзда.

4 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОЛІС ВАГОНІВ ПІД ЧАС РУХУ ПОЇЗДІВ

4.1 Актуальність запропонованої модернізації

Сучасний розвиток моніторингу технічного стану рухомого складу говорить про те, що основними рухомими механічними контактами, які представляють фрикційні системи, що виникають при роботі рухомого складу та впливають на безпеку його роботи, є контакт колесо-рейка: контакт, що виникає в буксовому вузлі, а також механічний контакт між гальмівними колодками і колесом [12].

Джерелом всіх динамічних збурень в дорозі в рухомому складі є колісна пара, що рухається по нерівностях шляху, або, що має нерівності на поверхні катання коліс. Нерівності поверхні катання коліс можна розділити на довгі, наприклад, нерівномірний прокат, і короткі, наприклад, повзун, вищербин, навар і т.д. Зупинимося на розгляді такого зносу поверхні катання колеса, як повзун. Повзуни під час руху вагона викликають поштовхи і удари, які призводять до розладу або руйнування деталей ходової частини рухомого складу і верхньої будови колії. Тому розпізнавання повзунів на ранніх етапах їх катання є актуальним, оскільки призводить до збільшення терміну служби рухомого складу в цілому. Дефектні диски є серйозною проблемою для залізничної інфраструктури, оскільки вони завдають серйозної шкоди рейковим транспортним засобам та колійному господарству, і навіть може бути причиною сходу з рейок. Контроль коліс з метою виявлення некруглих коліс і повзунів є основною умовою забезпечення безпеки руху, особливо для високошвидкісних поїздів. Некруглість колеса може стати причиною пошкоджень колії або ходової частини рухомого складу, зниження плавності ходу і збільшення небезпеки сходу з рейок. Вимірювання діаметру коліс потрібно як на стадії виготовлення рухомого складу, так і в ході технічного обслуговування. Значна різниця в діаметрах коліс однієї осі викликає підвищений знос і сприяє збільшенню рівня шуму при її коченні. Витрати, пов'язані із заміною бандажу та проведення

ремонту можна легко уникнути, встановивши систему виявлення ударного навантаження колеса.

Засобами комп'ютерного моделювання було показано, як впливає зміна діаметра колеса на зменшення зони сканування. Встановлено, що при русі поїзда на зменшення зони сканування суттєво впливають вертикальні і горизонтальні переміщення букси (разом з колісною парою), так як болометр має просторову орієнтацію. За результатами моделювання руху вагона на реальних нерівностях, були отримані максимально ймовірні амплітуди вертикальних і горизонтальних відхилень центру зони сканування буксового вузла від ідеального варіанту. Хоча максимальні амплітуди були отримані в різні моменти часу, але в силу випадкового характеру нерівностей існує висока ймовірність одночасного їх появи в різних поєднаннях при проході корпусу букси через зону контролю. Дані поєднання, очевидно, є найгіршими положеннями букси з точки зору формування теплового сигналу приймачем ІЧ-випромінювання.

При русі поїзда « Пляма » при скануванні кришки букси як би « ковзає » по поверхні букси і в кожний момент часу розраховувалася площа проекції чутливого елемента болометра на поверхню корпусу букси. За площами цих еліптичних фігур будувався графік умовного теплового сигналу, в якому по осі ординат відкладається значення фактичної площі, а по осі абсцис - точки відліку шляху сканування вздовж осі колії . На рис. 4.1 наведено графік сигналу для різних варіантів поєднань амплітуд нерівностей і діаметрів коліс [13].

Табл. 4.1

Поєднання розмірів нерівностей та величин діаметру колеса

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонтальне відхилення, мм	-13,9	-13,9	13,9	13,9	-13,9	-13,9	13,9	13,9
Вертикальне відхилення, мм	21,6	-21,6	21,6	-21,6	21,6	-21,6	21,6	-21,6
Діаметр колеса, мм	950				850			

Діапазон абсолютних значень відхилень положення букси :

- максимальне вертикальне відхилення 21,6 мм;

- максимальне горизонтальне відхилення 13,9 мм.

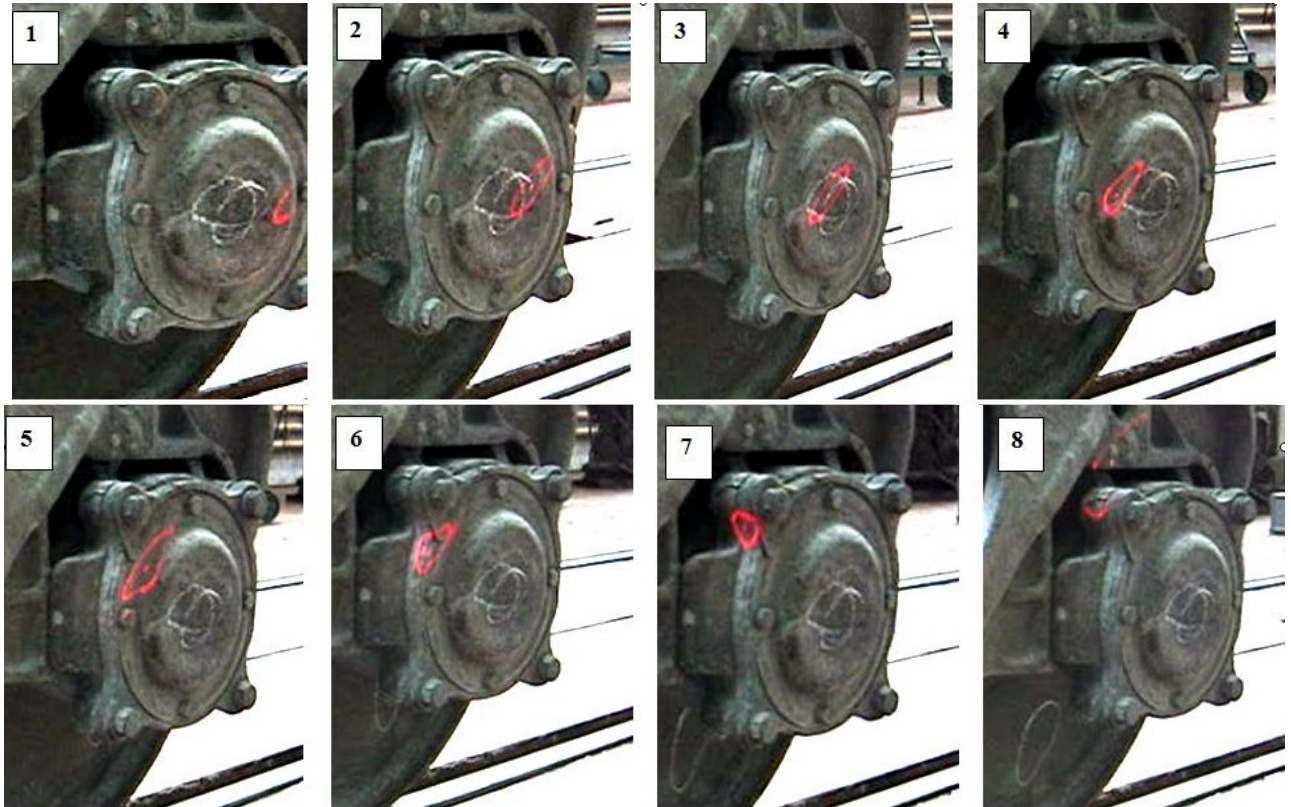


Рис. 4.1 Відео кадри, що показують зміну зони сканування приймача інфрачервоного випромінювання (червоним кольором слід від лазера, що імітує "погляд" приймача) при проході рухомого візка (1 кадр - вхід в зону).

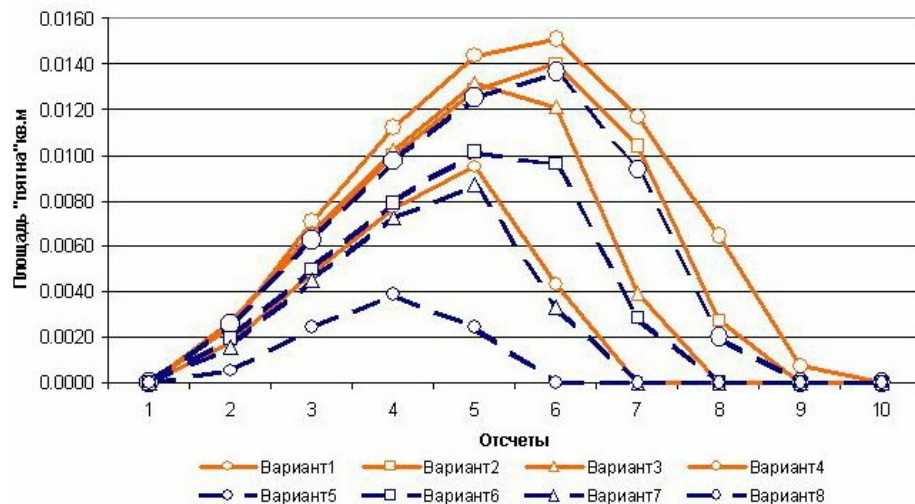


Рис. 4.2 Графік зміни сигналу приймача ШЧ-випромінювання при переміщенні букси в зоні контролю при різних поєднаннях геометрії колеса та динамічних переміщеннях колісної пари



Рис 4.3 Порівняння площі сигналів (у процентному відношенні до максимальної площі сигналу), отриманих при різних поєднаннях геометрії колеса та динамічних переміщеннях колісної пари

На діаграмі (рис.4.3) показані відносини у відсотках площ сигналів для різних варіантів до максимальної площі сигналу (1 варіант) і інтерпретовані у вигляді діаграми. Отримані результати показують, що величина сигналу на приймач інфрачервоного випромінювання тільки з причин геометричного характеру може змінюватися (зменшуватися) в сім разів (100 % і 14 %). Це може привести в експлуатації до помилок при виявленні перегрітих букс.

Наведені дослідження говорять про те, що орієнтація на кришку недостатньо інформативна зважаючи на складність юстування оптики, віддаленості приймача ІК і меншого нагрівання кришки, ніж у корпусу букси. Для перевірки останнього припущення та вивчення теплового режиму роботи буксового вузла була розроблена математична модель теплових процесів в буксовими вузлі. У розрахунку в якості зовнішнього впливу була задана температура кожного ролика 100 градусів, початкова температура інших елементів 20 градусів, температура повітря +20 градусів. В результаті визначено, як розподіляється температура по елементах буксового вузла в часі з урахуванням повітряного охолодження букси від руху вагона зі швидкістю 60 км / год.

На рис. 4.4 і 4.5 показано розподіл температур в буксовими вузлі через 20 хвилин після додатка джерела нагрівання і графік зміни температур у верхній , нижній частині корпусу і в кришці букси.

Отриманий розподіл температур підтверджено стендовими випробуваннями буксового вузла з вимірами в різних перетинах температур деталей підшипників і зовнішніх поверхонь буксового вузла в часі. Випробування проводилися за допомогою завдання частоти обертання осі колісної пари, що відповідає швидкості поїзда 60 км / год, при різних значеннях вертикальної (від 0 до 7,5 тс на підшипник) і осьової навантажень (від 0 до 1,5 тс) за допомогою штатних засобів випробувального стенду.

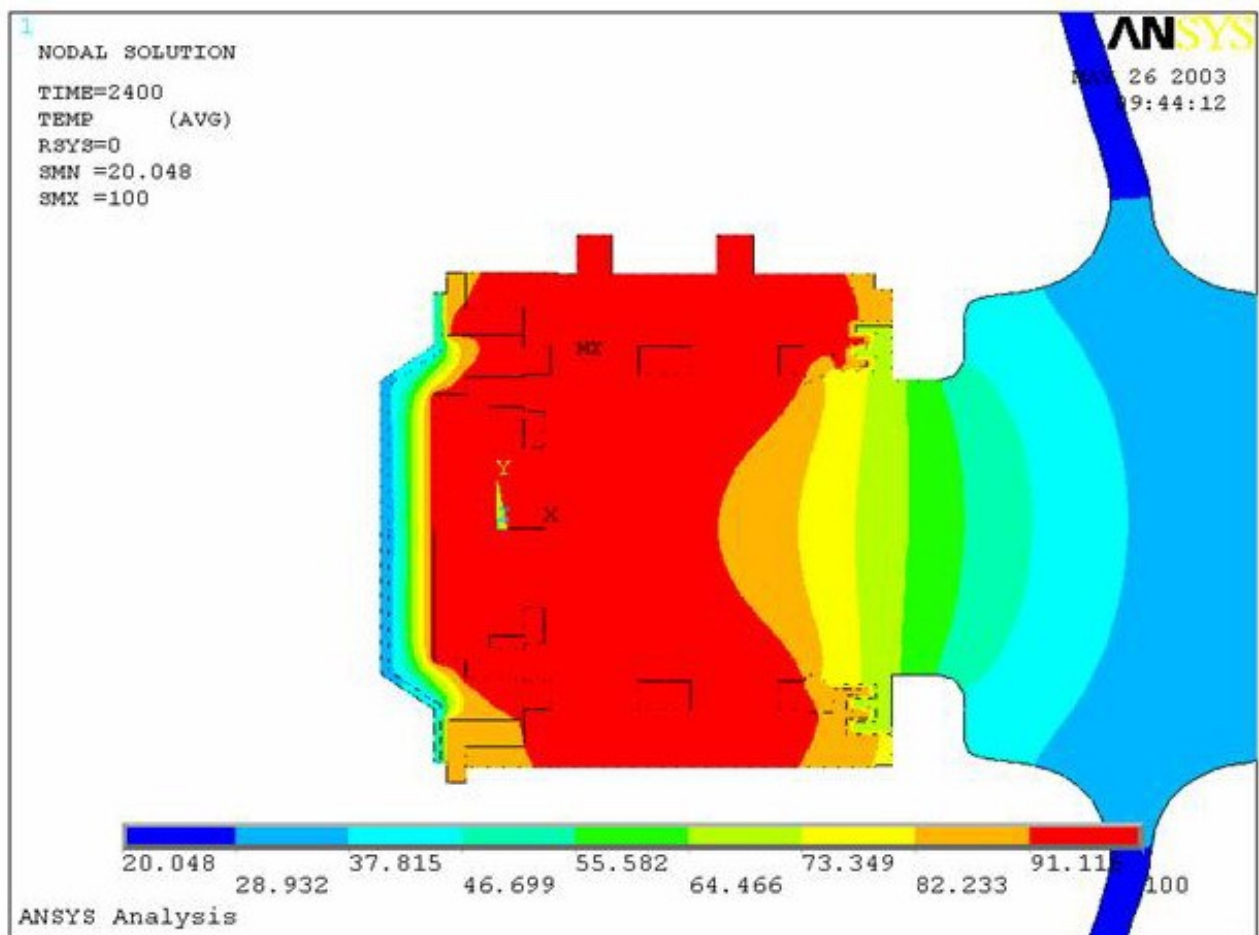


Рис. 4.4 Температурні поля нагріву деталей буксового узла через 20 хвилин після завдання джерела тепла на ролики підшипника 100 градусів з урахуванням обдува вузла під час руху зі швидкістю 60 км/год

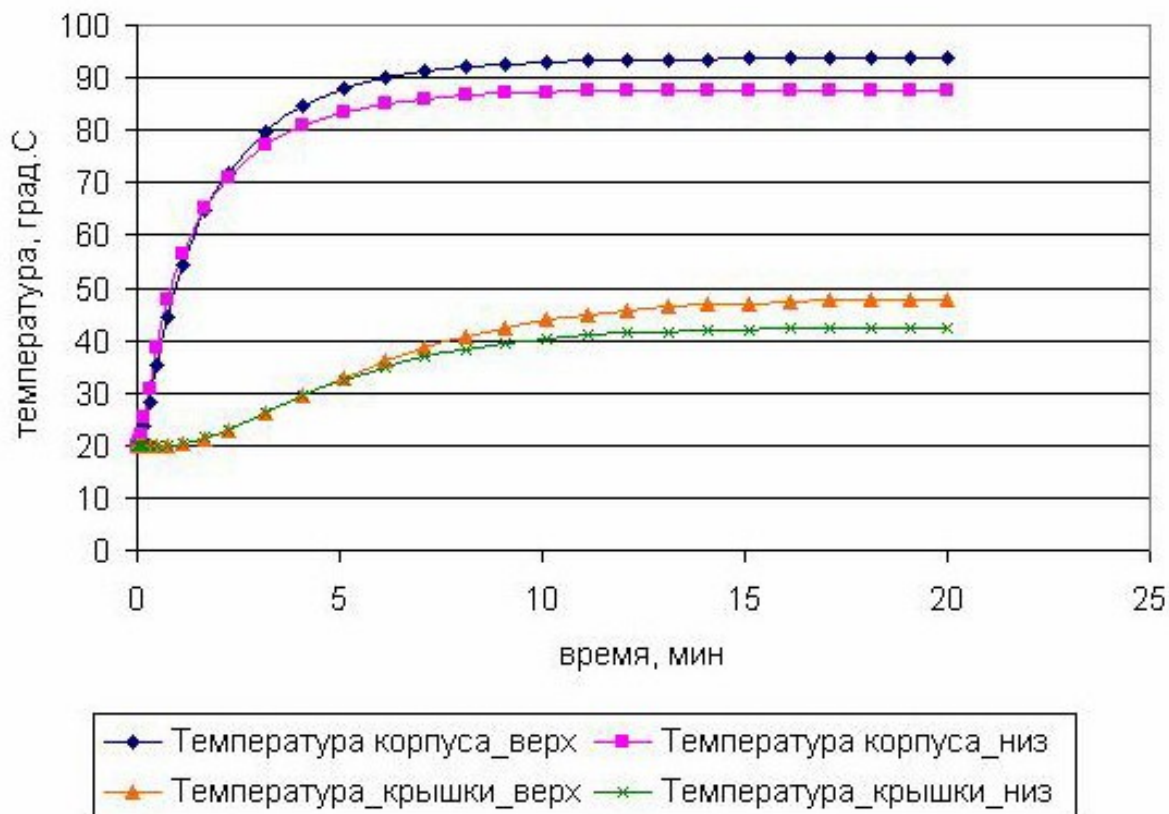


Рис. 4.5 Графіки нагріву деталей буксового вузла з виходом на стаціонарний режим з зовнішнім обдувом після задання джерела тепла

За результатами наведених вище досліджень можна зробити висновок, що на якість фіксації перегріву букси сильно впливає якість поверхні колеса. Чисельні дослідження показали, що динамічні дії мають згубний вплив на стан бетонних шпал та рейок, збільшуючи ризик утворення тріщин [13].

Традиційні методи контролю, використовувані в залізничній галузі, де всі колеса на поїзді діагностуються під час техогляду, не так точні і надійні, як більш нові кількісні методи. Багато пошкоджених коліс залишаються непоміченими, в той час як багато придатних до вживання коліс видаляються, коли вони могли залишатися в строю. За допомогою детекторів ударного навантаження можуть бути розроблені системи моніторингу на основі даних ударного колеса, які показують дійсний стан коліс. Пропонується доповнити систему напівавтоматичного блокування крім системи контролю буксового вузла АСДК ще й підсистемою контролю стану поверхні коліс рухомого складу.

4.2 Обґрунтування вибіру датчиків для контролю стану колеса

Лазерний датчик положення

Датчик, призначений для вимірювання геометричних параметрів поверхні катання, виявлення зносу і дефектів суцільнокатаних коліс на ходу поїзда, реєстрації несправностей колісних пар і оперативної передачі отриманої інформації на найближчий ПТО. Датчик «Лабракон» сертифікований для роботи в діапазоні швидкостей від 5 до 60 км / год при температурі від -50 до +50 ° С. У відсутності снігових перешкод система здатна зберігати працездатність і заявлені характеристики і при більш високих швидкостях (до 100 - 120 км / год).

Табл. 4.2

Технічні характеристики ЛДП 170/410

Параметри	Величина
Мінімальна відстань від базової поверхні датчика до контрольованої поверхні, мм	310
Діапазон вимірювань, мм	0...170
Межі допустимої абсолютної похибки вимірювань, мм	±0,2
Одиниця молодшого розряду індикації, мм	0,01
Швидкодія, число вимірювань в 1 с, не менше	50000
Діаметр лазерного променя	1 мм
Електроживлення	(+15±0,3)В, 1 А, пульс. Не більше 100 мВ
Габаритні розміри, мм	280×130×65
Середній термін служби, років, не менше	5

На поверхні колеса, що рухається по рейках, фокусується випромінювання лазерного діода вимірювального датчика (рис.4.6). Розсіяне випромінювання збирається апертурою приймального об'єктива, який будує зображення освітленої ділянки поверхні на позиційно - чутливому фотоприймачі. Сигнал від позиційно - чутливого приймача фіксується і обробляється промисловим комп'ютером [14].

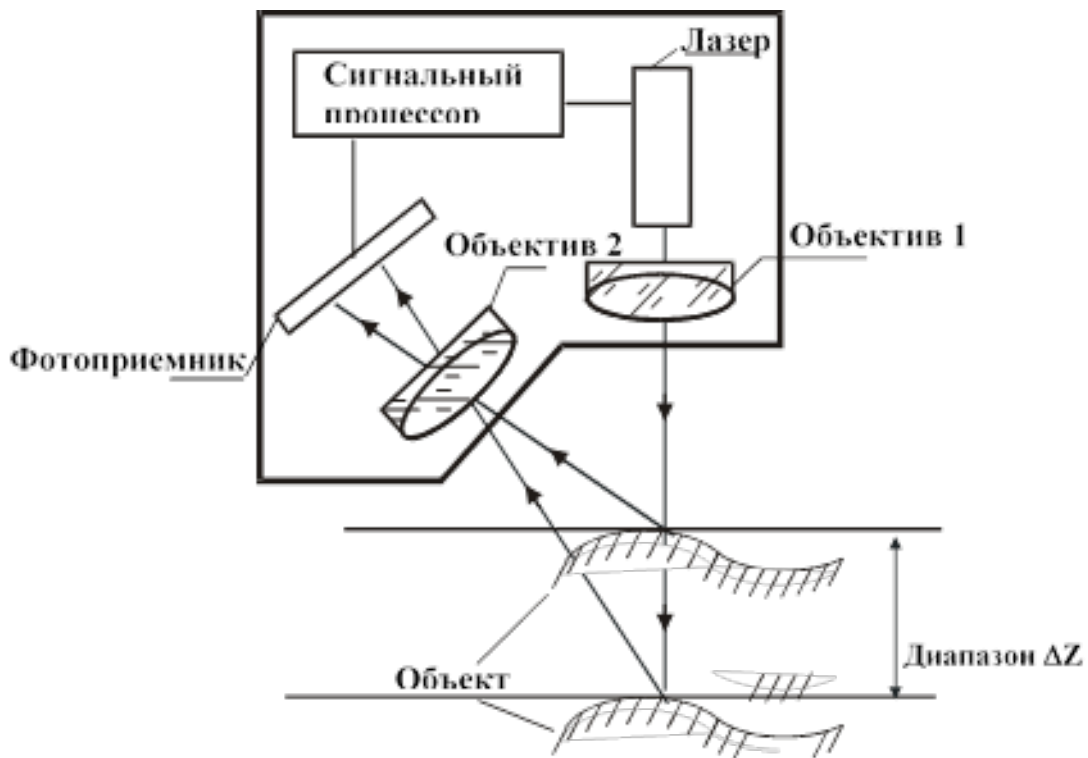


Рис. 4.6 Принцип дії триангуляційного лазерного датчика

Створені датчики мають двоканальний аналоговий вихід, (від 0 до 10 В), сигнали з яких надходять на входи плати багатоканального АЦП модуля збору даних. Аналогові сигнали першого і другого каналів перетворюються на цифровий код. Потім обчислюється відношення різниці сигналів з двох каналів АЦП до їх суми та за калібрувальною таблицею визначається координата контрольованої поверхні. Ця координата (поверхні колеса в системі відліку датчика) використовується далі для побудови профілю колеса та розрахунку його геометричних параметрів.

Основні контрольовані параметри колісних пар:

- Товщина обода;
- Товщина гребеня;
- Сума і різниця товщин гребенів.

Датчик ударних навантажень

Датчик ударних навантажень Metrix IT6810 призначений для контролю машин, вузлів і механізмів, а також їх складових частин та видачі електричного

сигналу 4 .. 20 мА, пропорційного ударним впливам, віброшвидкість яких за встановлений інтервал часу перевищує порогове значення .

У датчику динамічних ударних навантажень IT6810 використовується нова методика вимірювання порогів ударних навантажень обладнання. Явище динамічних ударних навантажень успішно використовується для вимірювання розхитаності/ослаблення кріплення деталей промислових компресорів протягом декількох років. У датчику Metrix IT6810 динамічних ударних навантажень використовуються всі переваги такого роду вимірювань плюс переваги застосування нових технологій з використанням сенсорного контурного датчика з вихідним сигналом діапазону 4 .. 20 мА. Датчик оснащений п'єзоелектричним кристалічним сенсорним елементом, а також має функцію таймера як необхідної складової для визначення порогу ударних навантажень. Лічильник числа ударних навантажень і запам'ятовуючий пристрій використовуються для запису ударних імпульсів з метою встановлення відповідної амплітуди рівня порога. Вихідний сигнал діапазону 4 .. 20 мА відповідає рівню ударних навантажень, що перевищують рівень порогу. Механічні ударні навантаження не тільки фіксуються, а й кваліфікуються датчиком. Поточний вихідний сигнал пропорційний порогу ударних навантажень [15].

Вибір тензодатчиків

У якості тензодатчика пропонується обрати розроблений фірмою MicroOptical тензодатчик моделі Os3155 з вбудованою температурною компенсацією. Вимірювання деформації і температури засновані на технології «fiber Bragg grating».

Оптимізовано для зовнішньої установки на сталевих конструкціях. Оскільки немає ніяких епоксидні смоли, що утримують волокна, довгострокова стійкість забезпечується сталевим корпусом.

Переваги тензодатчика включають в себе як більш точну температурну компенсацію (оскільки вимірювання деформації виконуються в умовах зі змінною температурою) так і дешевшу установку (за рахунок відсутності

необхідності в додаткових кабелів, з'єднувачів і обробки для підключення додаткових пристроїв).

Датчики можуть бути встановлені протягом кількох хвилин. Так як датчики встановлюються методом точкового зварювання, вони можуть бути використані відразу ж після прикріплення. Весь тензодатчик звичайно покрит захисним матеріалом для завершення установки для довгострокового захисту .

Цей датчик може бути використаний окремо або послідовно в складі масиву датчиків FBG. Монтаж і проводка кабелів для таких масивів набагато дешевше і менш громіздка, ніж прокладка електричних мереж, які потребують калібровки.

Аналіз роботи акселерометра

Акселерометр у іноземних системах контролю використовують разом із тензодатчиками для виявлення не тільки повзунів, а і сколів, тріщин, які можуть спричинити негативний вплив або призвести до аварії [16].



Рис. 4.7 Приклад дефекту колеса, виявляє мого акселерометром



Рис. 4.8 Розміщення акселерометра на колії

Акселерометр os7100 є волоконно-оптичним акселерометром на основі волоконних брегговських решіток (ВБР) .

Оптимізовано для великих структур і довгострокових вимірювань. Як і більшість звичайних акселерометрів, os7100 можуть бути прикріплені до конструкції з використанням стандартного різьбового з'єднання. Міцний, герметичний металевий корпус, броньовані кабелі і фітинги захисту роз'єму ідеально підходять для розміщення на колії.

Крім того, за своєю суттю os7100 сумісні з наведеним вище тензодатчиком на основі FBG, тим самим дозволяється використання комплексних волокон на основі мереж зондування .

4.3 Опис структурної схеми підсистеми контролю колеса

До встановленої системи АСДК-Б встановлюємо лазерний датчик, призначений для вимірювання геометричних параметрів поверхні катання,

виявлення зносу і дефектів суцільнокатаних коліс на ходу поїзда та датчик ударних навантажень.

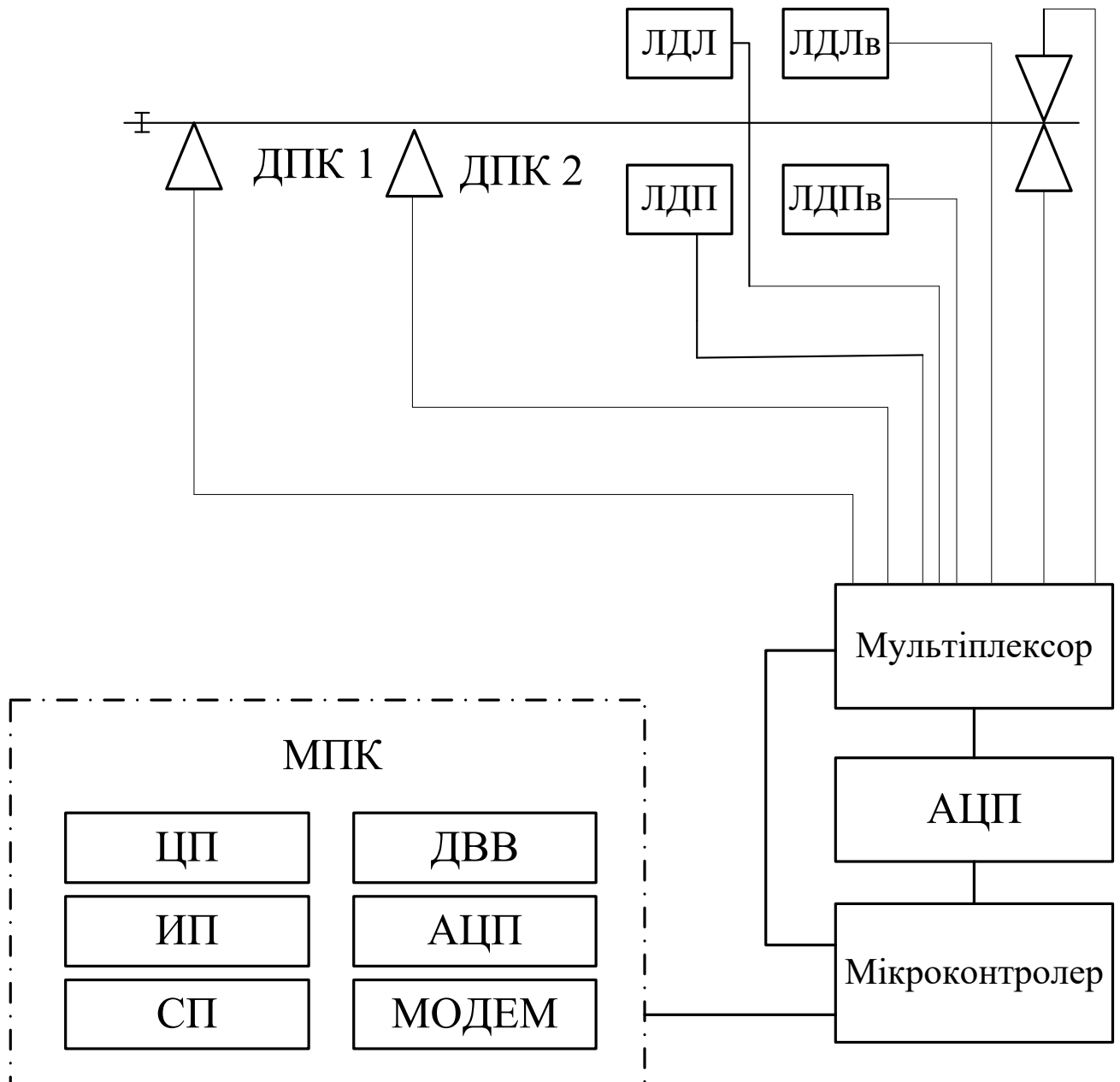


Рис. 4.9 Підсистема контролю дефектів колеса

На кожну рейку встановлюється по два лазерних датчика та по одному ударних загрузок. Інформація з датчиків у вигляді аналогового сигналу подається на входи мультиплексора, який передає з вказаного інформаційного входу інформацію на вихід. Інформаційний вхід обирається за кодом, який надходить від мікроконтролера на адресні входи мультиплексора. З виходу мультиплексора сигнал надходить на вхід аналого-цифрового

перетворювача(АЦП). З виходу АЦП цифровий сигнал надходить до мікроконтролера, який в свою чергу прозводить передачу інформації в блок дискретного вводу-виводу системи АСДК. З мікроконтролера надходять керуючі сигнали до інших елементів підсистеми. Інформація з блоку дискретного вводу-виводу через модем передається у лінію зв'язку.

4.4 Опис принципової схеми контролю колеса

Мультиплексор

У якості мультиплексора обрано восьмиканальний аналоговий комутатор КР590КН6 з дешифратором для комутації напруги від мінус 15В до 15В [17].

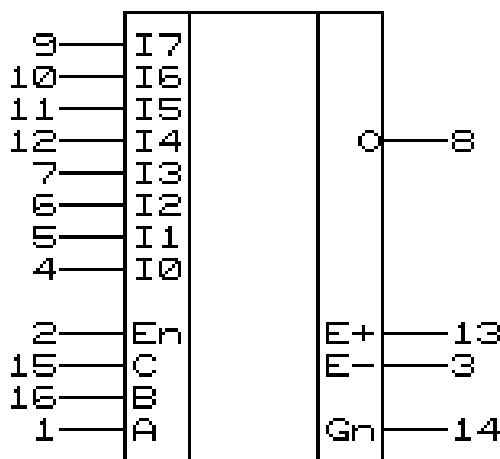


Рис. 4.10 Мікросхема КР590КН6

Призначення виводів мікросхеми КР590КН6:

1. I0-I7 - аналогові входи,
2. Out - аналоговий вихід,
3. A,B,C – адресні входи,
4. En - дозвіл: En=L - вихід ізолює входи; En=H - вихід підключений до адресуємого входу,
5. E+ позитивна напруга живлення (+15 в),
6. E- негативна напруга живлення (-15 в),
7. Gnd- загальний вивід.

Основні електротехнічні параметри мікросхеми КР590КН6

Найменування параметра , одиниця виміру	Норма		Примітка
	не менше	не більше	
Струм витоку аналогового входу , нА	—	50	1
Струм витоку аналогового виходу , нА	—	70	1
Вхідний струм низького рівня керуючої напруги, мкА	—	0,2	1
Вхідний струм високого рівня керуючої напруги , мкА	—	0,2	1
Струм споживання при високому рівні керуючого напруги , мкА від позитивного джерела від негативного джерела	—	1000 15	1
Струм споживання при низькому рівні керуючого напруги , мкА від позитивного джерела від негативного джерела	—	15 15	1
Час включення , нс	—	300	1,2
Опір у відкритому стані, Ом	—	300	1,3

Аналого-цифровий перетворювач

У якості АЦП обрано ADS7804, який має частоту дискретизації 100 кГц, гарантовану по всьому діапазоні температур. Резистори виконані лазерною обробкою масштабування забезпечують вхідний діапазон $\pm 10\text{В}$.

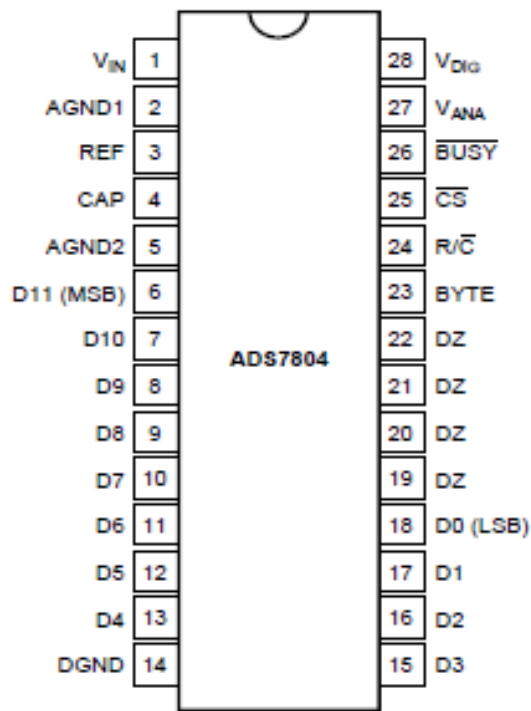


Рис. 4.11 Мікросхема ADS7804

Призначення виводів мікросхеми ADS7804:

1. V_{IN} – аналоговий вхід.
2. AGND1 – аналогове заземлення.
3. REF – посилення введення/виводу, підключено конденсатором 2.2μF на землю.
4. CAP – посилення буфера конденсатора, підключено конденсатором 2.2μF на землю.
5. AGND2 – аналогове заземлення.
6. D0 – біт, який позначає початок перетворення.
7. D1- D10 – біт даних.
8. D11 – біт, який позначає кінець перетворення.
9. DGND – цифрова земля.
10. BYTE – вибирає старші або молодші біти.
11. R/C – по тилу сигналу включає нове перетворення.
12. CS – вибір мікросхеми.

13. BUSY – видає сигнал низького рівня під час перетворення до тих пір, коли не закінчиться і цифрові виходи не будуть оновлені.

14. V_{ANA} – вхідне аналогове живлення.

15. V_{DIG} - цифрове живлення, пряме підключення до контакту 27.

Мікроконтролер

У якості мікроконтролера обрано мікросхему PIC18F4550. Це сімейство пристроїв пропонує переваги всіх PIC18 мікроконтролерів, а саме – високу обчислювальну продуктивність за економічною ціною, з додаванням високої витривалості.

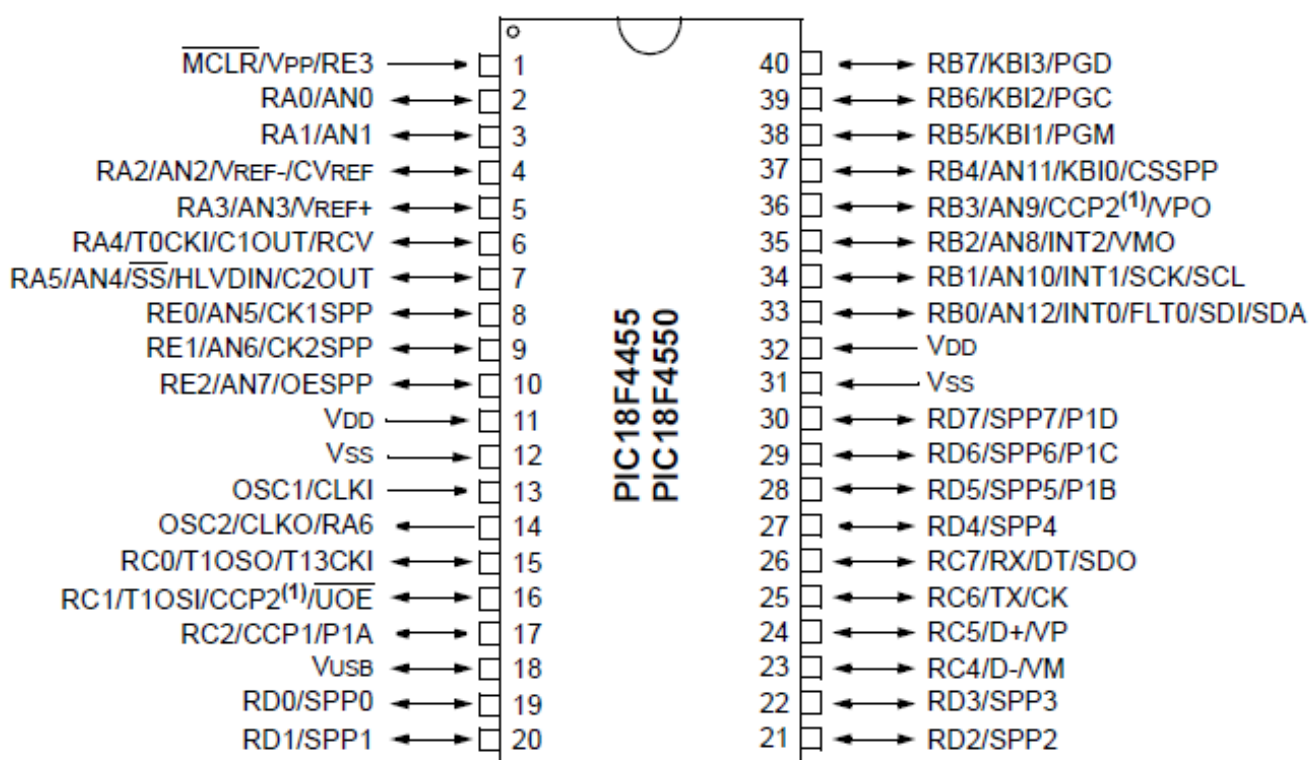


Рис. 4.12 Мікросхема PIC18F4550

Призначення виводів мікросхеми PIC18F4550:

1. Порт А - це двонаправлений порт вводу / виводу.
2. Порт В - це двонаправлений порт вводу / виводу.
3. Порт С - це двонаправлений порт вводу / виводу.
4. Порт D - це двонаправлений порт вводу / виводу або паралельний порт.
5. Порт Е - це двонаправлений порт вводу / виводу.

6. OSC1 - підключення кварцового генератора або зовнішній вхід таймера.

7. OSC2 - підключення кварцового генератора або зовнішній вихід таймера.

4.5 Принцип роботи підсистеми контролю стану колеса

При проходженні поїзда біля датчиків аналоговий сигнал подається на інформаційні входи мультиплексора DD1. З мікроконтролера DD3 поступають керуючі сигнали A0, A1, A2 на входи A, B, C мультиплексора DD1. Як комутуються інформаційні входи наведено в табл. 4.4.

Табл. 4.4

Залежність включень інформаційних входів

Інформаційні входи	Адресні входи		
	A	B	C
I0	0	0	0
I1	0	0	1
I2	0	1	0
I3	0	1	1
I4	1	0	0
I5	1	0	1
I6	1	1	0
I7	1	1	1

Комутований сигнал з виходу Out мультиплексора поступає на вхід аналого-цифрового перетворювача Vin. Перетворення починається у тому разі, якщо на вході CS - сигнал низького рівня та по тилу сигналу на вході R/C. Під час перетворення до мікроконтролеру з виходу АЦП BUSY поступає низького рівня сигнал, який буде утримуватись до закінчення. Перетворений сигнал знімається з виводів АЦП D0-D11(де D0 – біт, який позначає початок перетворення, а D11 – біт, який позначає кінець перетворення) та посиляється до виводів RB0-RB7, RA0-RA3

мікроконтролеру DD3. Мікроконтролер DD3 оброблює отримані дані, проводить аналіз та надсилає результат до плати дискретного вводу/виводу регістрного контролера системи АСДК-Б. Отримана інформація передається через модем 1200(ISA) до лінії зв'язку, звідки інформація поступає до системного блоку. Отримані дані виводяться на монітор.

4.6 Висновки до четвертого розділу

Система безпеки використовується для ідентифікації пошкодженого колеса з будь-яким з дефектів, шляхом вимірювання динамічного впливу на колії на дуже ранній стадії і тим самим дозволяє захистити об'єкти залізничної інфраструктури, уникнути катастрофи і катастрофічних збоїв, а також знизити відмови рухомого складу і незаплановані витрати на обслуговування.

Підсистема контролю дефектів коліс дозволяє підключатися до існуючих мікропроцесорних систем ДЦ, пунктів ПТО, що дає можливість спостереження за станом коліс вагонів, введення моніторингу, архівація даних та прогнозування. Підсистема може бути функціонально розширена, щоб забезпечити інформацію про дію вертикальних і бічних сил на колесо шляхом каскадного включення мультиплексорів.

В даному розділі роботи запропоновано доповнити системи контролю буксового вузла та НАБ УКП СО системою контролю стану коліс рухомого складу. Виконано вибір датчиків для контролю стану колеса та наведено обґрунтування необхідності розробки такої підсистеми, розроблені структурна та принципові схеми, наведено економічні переваги застосування такої підсистеми.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В даній магістерській роботі вирішені наступні задачі:

- проведено аналіз структури та функціональних можливостей існуючих систем напівавтоматичного блокування з вибором системи для подальшої модернізації. В результаті аналізу прийняте рішення про використання для поставлених задач системи УКП СО як найбільш зручної по її функціональним можливостям та по надійності роботи.

- виконано аналіз та вибір системи діагностування стану буксового вузла для об'єднання з системою напівавтоматичного блокування. По результатах аналізу зроблено висновок про можливість використання для поставленої задачі системи АСДК.

- розроблено схеми об'єднання систем УКП СО та АСДК-Б в загальну систему. Була удосконалена система УПК СО, були підібрані три датчика для рахунку осей, які використовуються також в системі АСДК. Наведено структурні схеми об'єднання та алгоритм роботи розробленого комплексу. Для підвищення надійності роботи та додаткового захисту інформації при передачі по фізичній лінії запропоновано використовувати додатковий активний смуговий фільтр на базі операційного підсилювача розрахунок якого також виконано в другому розділі.

- розроблено підсистему виявлення дефектів коліс вагонів під час руху поїздів. Наведено структурна, та принципова схема розробленої підсистеми контролю дефектів коліс рухомого складу та описаний принцип її функціонування.

Використання для контролю вільності перегону розробленого комплексу дозволяє забезпечити безпеку руху поїздів, контролювати перегін з будь-яким, аж до нульового, опором баласту, скоротити витрату кабелю і радикально знизити експлуатаційні витрати, потрібні для рейкових кіл, додатково контролювати перегрів букс та стан коліс рухомого складу. Отриману інформацію можна передавати в автоматичному режимі в системи МСДЦ «Каскад» та МДЦ-У для подальшого аналізу та зберігання в архіві подій та відмов.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ0042. / Гол. Розробник Кузьменко Д. М. Затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 26 квітня 2006р. №347-ЦЗ. – Х.: Залізничавтоматика, 2006. – 461 с.
2. Путевая блокировка и авторегулировка: Учебник для вузов[Текст]; Под ред. Н. Ф. Котляренко. 3-е изд., перераб. и доп. М. Транспорт, 1983. –408 с.
3. Бубнов В. Д., Дмитриев В. С Устройства СЦБ, их монтаж и обслуживание: Полуавтоматическая и автоматическая блокировка [Текст]: Учеб. для техн. школ ж. -д. трансп. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1989. – 366с.
4. Бойник А.Б., Кошевой С.В., Панченко С.В., Ситник В.А. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах: Учебное пособие. – Харьков: УкрГАЗТ, 2005.
5. Мікропроцесорне напіваавтоматичне блокування МПАБ-У. Режим доступу: <http://imp.lg.ua/index.php/ru/mpab-u> (дата звернення: 24.08.2021р.) — Назва з екрана.
6. Інструкція з сигналізації на залізницях України, затверджена наказом Міністерства транспорту України від 08.06.95 N 259
7. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира [Текст] монография /Э. Андерс, Т. Берт, В. Иванченко, А. Лыков и тд., 2009. – 480с.
8. Підсистема базова автоматичної системи діагностичного контролю АСДК-Б: Керівництво по експлуатації ААБР. 665235.001 ВАТ «Прожектор».
9. Алгоритм функционирования системы УКП СО и увязка с полуавтоматической блокировкой[Текст] / Щиголев СЛ., Талалаев В.И., Шевцов В.А., // Автоматика, связь, информатика. — 1999. — № 5. — С. 10—14.
- 10.Татиевский С. Л. Технические характеристики датчиков счета осей [Текст] / С. Л. Татиевский //Автоматика, связь, информатика. — 2003. — № 1. — С. 36—39.

11. Шелухин В.И. Датчики измерения и контроля устройств железнодорожного транспорта [Текст]: учеб.пособие для вузов/ Шелухин В.И. — М.: Транспорт, 1990. — 119 с.
- 12.Бойнік А.Б., Загарій Г.І. Діагностування пристроїв залізничної автоматики та агрегатів рухомих одиниць: Підручник. Х.: Нове слово, 2008. — 304с.
- 13.Новые системы СЦБ. ДЦ и ДК. Режим доступа: <http://scbist.com/spravochnik/> (дата звернення: 30.11.2021р.) — Назва з екрана.
14. Осяев А.Т. Перспективи вібродіагностики [Текст] / А.Т. Осяев, А.А. Сергеев //Локомотив. — 2006. — № 9. — С. 40-41.
- 15.Хаушилд Г. Автоматична діагностика за допомогою системи AGRUS/Ф.Кассіді// Залізниці світу, 2001 -№12.-С.36-42.
- 16.Іванов В. И., Аксьонов А. И., Ношин А. М. Напівпровідникові оптоелектронные прилади - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 448 с.
- 17.Якубовский С. В. Цифрові й аналогові мікросхеми. Довідник. М.: Радіо й зв'язок, 1990. - 496 с.