

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

на тему: Удосконалення системи контролю перегретих букс

за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»  
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

Виконав: студент(ка) групи СК2221 (969М)

(підпис студента)

/ Синельник Максим /

Керівник: доцент кафедри АТ

(підпис керівника)

/ Антон Журавльов /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Faculty of Computer Technologies and Systems**

**Department of Automation and Telecommunication**

Explanatory Note  
to Master's Thesis  
master  
(higher education degree)

on the topic: **Improvement of the overheated box control system**

according to educational curriculum «Train movement control systems»  
in the Specialty: 151 Railway transport

Done by the student of the group SK2221 (969M)

/ Synelnyk Maksym /

Scientific Supervisor: associate professor

/ Anton Zhuravlov /

**Dnipro – 2024**

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Комп'ютерні технології та системи  
Кафедра: Автоматика та телекомунікації  
Рівень вищої освіти: магістр  
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів  
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри АТ  
\_\_\_\_\_ Володимир ГАВРИЛЮК  
(підпис)  
Дата \_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(ступінь вищої освіти)

студенту Синельник Максим Сергійович  
(Прізвище, Ім'я, По батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення системи контролю перегрітих букс

Керівник роботи: Журавльов Антон Юрійович, кандидат технічних наук, б/з  
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «12» 01 2023 р. №18ст

2. Строк подання студентом роботи: \_\_\_\_\_ .2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Типові рішення систем контролю перегрітих букс з централізованим та децентралізованим розміщенням апаратури

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 ВСТУП.

РОЗДІЛ 1. Аналіз сучасних систем контролю перегрітих букс.

4.2 РОЗДІЛ 2. Принцип роботи систем контролю перегрітих букс

4.3 РОЗДІЛ 3. Шляхи вдосконалення системи контролю перегрітих букс

Розробка пристрою контролю перегрітих букс.

4.4 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Принципові та електричні схеми, алгоритм роботи

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, Розділ 1		30%
2	Розділ 2.		45%
3	Розділ 3.		60%
4	Розрахунки		80%
5	Графічна частина		90%
6	Вісновки		100%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:**

69 сторінок, 23 малюнків, 1 таблицю, 7 джерел літератури.

**Об'єкт розробки** – система контролю перегрітих букс.

**Мета роботи** – основною метою дослідження є розробка та впровадження удосконаленої системи контролю перегрітих букс, яка забезпечує більш точне та швидке виявлення підвищення температури та надійне виконання відповідних заходів для запобігання перегріву.

Методи дослідження:

- Аналіз існуючої літератури та наукових досліджень з проблеми перегріву букс.
- Вивчення роботи та принципів роботи існуючих систем контролю перегрітих букс.
- Розробка нової методики контролю та алгоритму виявлення перегріву букс.
- Створення прототипу системи контролю перегрітих букс та його експериментальне тестування.
- Аналіз результатів тестування та оцінка ефективності удосконаленої системи контролю.

**Висновки:** Очікується, що удосконалена система контролю перегрітих букс буде здатна точніше та швидше виявляти підвищення температури, що дозволить вчасно приймати заходи для запобігання перегріву. Покращена система контролю сприятиме збереженню та продовженню терміну служби букс, зниженню ризику виникнення аварійних ситуацій та підвищенню надійності та продуктивності машини.

**Ключові слова:** РЕЙКОВЕ КОЛО, КОНТРОЛЬ ПЕРЕГРІТИХ БУКС, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

## ЗМІСТ

	стр.
Вступ.....	6
Розділ 1 Аналіз систем контролю перегрітих букс.....	10
1.1 Апаратура ДИСК.....	10
1.2 Апаратура ПОНАБ-3.....	14
1.3 Апаратура виявлення перегрітих букс компанії SERVO CORPORATION OF AMERACA.....	17
1.4 Апаратура виявлення перегрітих букс компанії General Electric (США).....	20
1.5 Апаратура виявлення перегрітих букс компанії CSEE (Франція).....	23
1.6 Апаратура виявлення перегрітих букс компанії Hawker siddeley dynamics engineering (Англія).....	25
1.7 Апаратура виявлення перегрітих букс МН2 підприємства TESLA (Чехословаччина).....	28
1.8 Підсистема базова АСДК-Б (Україна).....	30
Розділ 2 Аналіз роботи систем контролю перегрітих букс.....	32
2.1. Методи контролю стану ділянок колії в системах залізничної автоматики.....	32
2.2. Рейкові кола, визначення, призначення, основні елементи.....	39
2.3. Вимоги, що пред'являються до рейкових кіл.....	41
2.4. Основні режими роботи рейкових кіл.....	43
2.5. Структура та принцип дії пристрою.....	44
Розділ 3 Шляхи вдосконалення системи контролю перегрітих букс.....	48
3.1. Опис принципової схеми пристрою.....	48
3.1.1 Алгоритм мікропроцесорного пристрою.....	50
Висновки.....	55
Додаток А.....	57
Додаток Б.....	59
Додаток В.....	65
Список використаної літератури.....	73

## Вступ

Контроль перегрітих букс є важливим аспектом безпеки та ефективності залізничного транспорту. Перегріті букси можуть спричинити серйозні аварійні ситуації, призводити до збоїв у русі поїздів та пошкодження обладнання. Відсутність контролю та несвоєчасна реакція на перегрів можуть мати негативні наслідки для пасажирів, персоналу та інфраструктури залізниці. Тому вдосконалення систем контролю перегрітих букс є важливим завданням для забезпечення безпеки та ефективності залізничного руху.

Буксовий вузол – один із відповідальних вузлів ходових частин рухомого складу – служить для передачі радіальних та осьових навантажень до шийки осі, що обертається у буксових підшипниках колісної пари. Існують буксові вузли з підшипниками ковзання та роликівими підшипниками.

Різне експлуатаційне нагрівання елементів підшипників викликає температурні деформації, які зменшуючи зазори, можуть призвести до защемлення роликів між кільцями та руйнування роликового буксового вузла. Тому температура буксового вузла є важливим критерієм, що характеризує технічний стан підшипників.

Букс може нагріватися в результаті неправильно встановленого осьового і радіального зазору, в результаті раптових відмов підшипників кочення.

На температуру букс також впливає температура зовнішнього повітря, що свідчить про необхідність корекції температури, яку налаштовуються приймачі апаратури.

Букс з підшипником ковзання є найменш надійним вузлом вантажного вагона. Через перегрівання букс кожен третій вагон робітничого парку щороку надходив у поточний відчіпний ремонт.

У процесі експлуатації необхідно виявляти несправні буксові вузли, що гріються, так як їх експлуатація становить загрозу безпеці руху поїздів.

Автоматична система контролю технічного стану буксових вузлів дозволяє своєчасно виявляти і виключати несправності рухомих частин складу, що з'являються в процесі експлуатації, і попередити виникнення незворотних відмов, здатні запобігти аваріям, скоротити час зупинок у дорозі з технічних причин та підвищити безпеку руху.

Існуюча система обслуговування рухомого складу включає періодичний огляд відповідальних вузлів вагонів, їх технічний огляд, ремонт на станціях та контроль у дорозі. Для цього на дорогах організуються ПТО вагонів, ПКТО вагонів та КП.

ПТО розміщуються на станціях масового навантаження-розвантаження, сортувальних станціях.

Тут виконується основний обсяг робіт із технічного обслуговування вагонів.

ПКТО і КП організуються на дільничних і проміжних станціях, ділянках безперервного прямування поїздів і призначені для контролю та усунення несправностей, що виникають у дорозі, що загрожують безпеці руху.

На ділянках безперервного руху поїздів протяжністю до 300 км ПКТО розміщуються у середині ділянки, а КП – через кожні 50-70 км вздовж ділянки.

Для ретельного огляду швидкість поїзда в пунктах огляду знижується до 30-40 км/год. Під час припинення пасажирських поїздів огляд вагонів проводять суцільним оглядом буксових вузлів.

При візуальному огляді буксових вузлів на ходу поїзда за характерними зовнішніми ознаками можна виявити лише явні відмови букс, причому головним чином лише з підшипниками ковзання. Виявити буксу з роликівими підшипниками на ранній стадії нагріву значно складніше, особливо візуально.

Одним із шляхів збільшення безвідмовності руху є створення апаратних методів контролю. Розвиток пристроїв відбувалося у напрямі групових та індивідуальних методів контролю букс.

Індивідуальні засоби контролю розміщуються у кожному буксовому вузлі. Як датчики використовуються різні теплові індикатори. Переваги даного способу контролю – простота, безперервність контролю, незалежність від зовнішніх умов.

У силу значної вартості та невисокої ефективності ці кошти не знайшли широкого поширення. Індивідуальними засобами контролю в нашій країні та за кордоном обладнуються пасажирські вагони.

Групові засоби контролю розміщуються в дискретних точках шляху і послідовно контролюють букси всіх поїздів, що проходять.

В цьому випадку немає потреби обладнати весь вагонний парк пристроями контролю, що є гідністю методу. Враховуючи інерційність процесу нагрівання букси, можна шляхом раціонального розміщення пунктів контролю звести до мінімуму втрати дискретності контролю, тобто відстежувати динаміку нагрівання.

З пристроїв групового контролю практично найбільшого поширення знайшли пристрої, засновані на перетворенні енергії інфрачервоного випромінювання букс.

Мета дослідження: Основною метою дослідження є розробка та впровадження удосконаленої системи контролю перегрітих букс, яка забезпечує більш точне та швидке виявлення підвищення температури та надійне виконання відповідних заходів для запобігання перегріву.

Методи дослідження:

- Аналіз існуючої літератури та наукових досліджень з проблеми перегріву букс.
- Вивчення роботи та принципів роботи існуючих систем контролю перегрітих букс.
- Розробка нової методики контролю та алгоритму виявлення перегріву букс.
- Створення прототипу системи контролю перегрітих букс та його експериментальне тестування.
- Аналіз результатів тестування та оцінка ефективності удосконаленої системи контролю.

Очікувані результати: Очікується, що удосконалена система контролю перегрітих букс буде здатна точніше та швидше виявляти підвищення температури, що дозволить вчасно приймати заходи для запобігання перегріву. Покращена система контролю сприятиме збереженню та продовженню терміну служби букс, зниженню ризику виникнення аварійних ситуацій та підвищенню надійності та продуктивності машини.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПЕРЕГРІТИХ БУКС

## 1.1. Апаратура ДИСК

Підсистема ДИСК-Б призначається для автоматичного виявлення перегрітих (несправних) буксових вузлів вагонів та локомотивів при проході поїздами пункту розміщення її перегінних пристроїв та видачі обслуговуючого персоналу станції інформації про наявність, розташування та кількість перегрітих букс у поїзді.

Базова підсистема ДИСК-Б входить до складу автоматичної системи комплексного контролю технічного стану рухомого складу на ходу поїзда ДИСК-БКВ-Ц і може доповнюватися на окремих пунктах контролю підсистемами виявлення дефектів коліс по колу катання ДИСК-К, виявлення деталей, що волочаться ДИСК-В та централізації інформації з лінійних пунктів контролю технічного стану рухомого складу на ходу поїзда ДИСК-Ц.

Підсистема ДИСК-Б забезпечує контроль поїздів, що рухаються в одному напрямку на одноколійних та двоколійних лініях з електричною або автономною тягою. Базова підсистема ДИСК-Б складається з перегінних та станційних пристроїв, пов'язаних між собою двопровідною кабельною лінією зв'язку.

Перегінні пристрої, у свою чергу, складаються з підлогового та постового обладнання. Підлогове обладнання розміщується безпосередньо на шляху та включає до свого складу:

- Дві основні підлогові камери;
- Дві допоміжні підлогові камери;
- три датчики проходу колісних пар типу ПБМ-56 або типу Д50 французької фірми CSEE;
- колійну коробку з електронною педаллю типу ЕП-1.

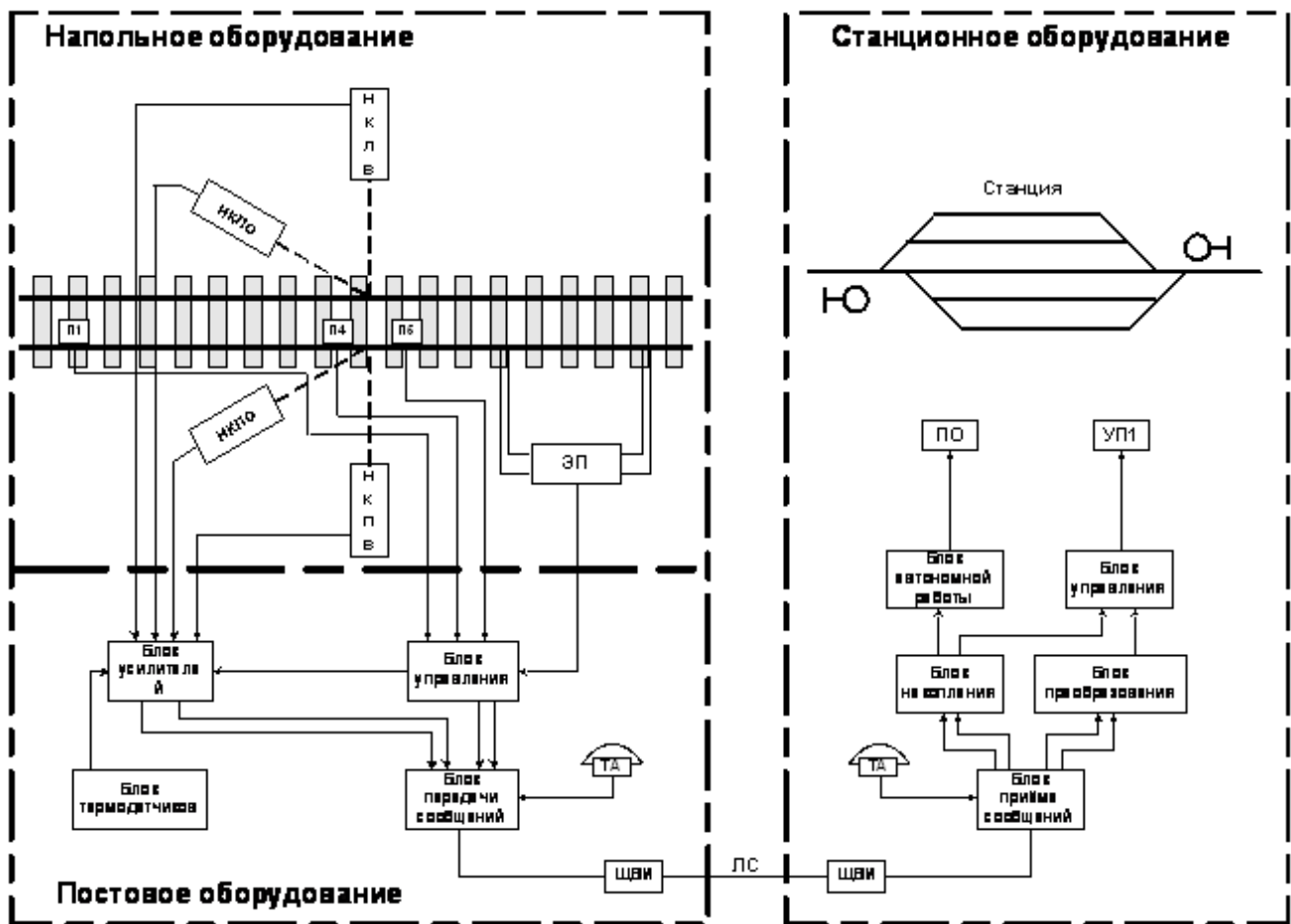
Постове обладнання розміщується і в спеціальному опалювальному приміщенні, що споруджується поблизу ділянки установки підлогових пристроїв, і включає до свого складу:

- стійку перегінну;
- Блок термодатчиків.

Станційне обладнання розміщується або у приміщенні пункту технічного огляду вагонів (ПТО, ПКТО, КП), або у приміщенні чергового станції (поста ЕЦ). До його складу входять:

- Стійка станційна;
- Блок сполучення;
- Пульт оператора станційний.

Робота підсистеми ДИСК-Б заснована на уловлюванні теплового випромінювання корпусів букс під час руху поїзда з подальшим перетворенням його на електричні сигнали, посиленням, нормуванням за тривалістю, передачею теплових сигналів разом із сигналами позначки проходу осей та вагонів на станцію, виділення за певними критеріями сигналів від перегрітих буксів та реєстрацією інформації про місце розташування таких буксів у поїзди. На мал.1.1 наведено структурна схема підсистеми ДИСК-Б.



Малюнок 1.1 – Структурна схема підсистеми ДИСК-Б.

На ділянці контролю по обидва боки колії розміщуються підлогові камери, що зчитують. Основні камери для підлоги (НКПО, НКЛО) встановлюються під кутом  $13^\circ$  до осі шляху, а допоміжні (НКПВ, НКЛВ) — перпендикулярно осі шляху.

Електронна ІК ЕП-1, включена до складу підлогового обладнання та забезпечує видачу команд управління до постового обладнання за наявності поїзда у зоні контролю завдовжки близько 50 м. Датчики проходу колісних пар П1, П4, П5 призначені для вироблення сигналів позначки проходу колісних пар певній точці шляху.

За сигналами датчиків здійснюється рахунок осей та фізичних вагонів у поїзді, а також керування роботою пристроїв прийомопідсилювальних трактів.

Блок підсилювачів, блок управління та блок передачі повідомлень входять до складу стійки перегінної. Кінцеві підсилювачі містять пристрої нормування сигналів за тривалістю і пристрої температурної корекції теплових сигналів, які управляються від блоку термодатчиків, що входить до складу постового обладнання.

Блок управління включає пристрій позначки проходу фізичних вагонів, пристрій формування команд,

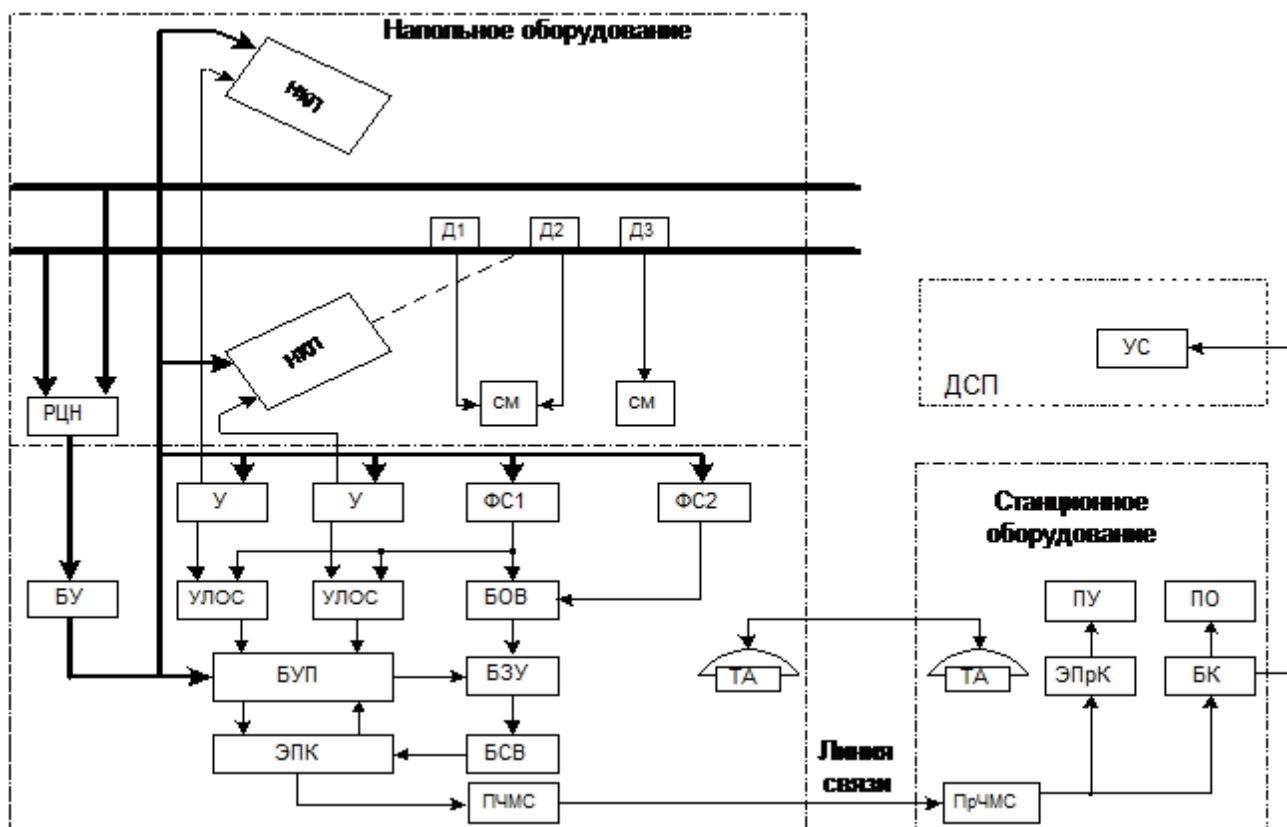
пристрій формування імпульсів від датчиків проходу коліс, програмно-задавальне пристрій і приймач зворотного каналу.

Блок передачі повідомлень містить 7 прямих каналів передачі сигналів з перегону на станцію і один зворотний канал прийому сигналів зі станції, організованих частотним поділом смуги частот від 1,7 до 3,4 кГц (ширина каналу 180 Гц), а також групові пристрої сполучення з кабельною лінією зв'язку. Блок прийому повідомлень містить 7 каналів прийому сигналів, один канал передачі сигналів на перегін та групові пристрої сполучення з лінією зв'язку. Блоки перетворення і накопичення включають пристрої перетворення аналогових теплових сигналів в цифровий код, лічильники кількості фізичних вагонів в поїзді і осей у вагоні, пристрої запам'ятовування інформації на один проконтрольований вагон, пристрій вироблення кодового значення поточного часу та порядкового (за зміну) номера поїзда, пристрою «Тривоги», а також передавач зворотного каналу.

До складу блоку автономної роботи входять пристрої накопичення інформації про вагони, в яких виявлені перегріті букси (несправні колісні пари або деталі, що волочаться), пристрій розпізнавання типу буксового вузла (на підшипниках ковзання або кочення) та пристрою сполучення. До складу станційного обладнання входять також пульт оператора станційний, блок сполучення та друкувальний пристрій УП-1.

## 1.2. Апаратура ПОНАБ-3

Апаратура ПОНАБ-3 побудована за принципом систем телесигналізації та реалізує найбільш поширений у світовій практиці спосіб контролю справності буксових вузлів залізничного рухомого складу за рівнем інфрачервоної енергії, що випромінюється корпусом буксового вузла навколишній простір. Наведено структурну схему апаратури ПОНАБ-3.



Малюнок 1.2 Структурна схема апаратури ПОНАБ-3

В апаратурі ПОНАБ-3 повідомлення про наявність та розташування перегрітої букси в поїзді передається лише у момент її виявлення.

Застосування такого способу передачі повідомлень дозволило значною мірою підвищити помехозащищенность апаратури за рахунок різкого зниження обсягів інформації, що передається, на один поїзд. Пристрій автоконтролю ПОНАБ-3 забезпечують видачу на реєструючий пристрій інформації про

результати перевірки апаратури після проходу кожного поїзда через ділянку контролю.

В апаратурі ПОНАБ-3 застосовується зручна форма подання результатів контролю, що забезпечує документальність даних, що реєструються. Результати контролю виводяться на принтер, а місця розташування перегрітих букс у поїзді вказуються не в осях чи умовних вагонах, як це має місце в інших моделях апаратури, а у фізичних рухомих одиницях (зазначення порядкового номера фізичної рухомої одиниці).

До складу підлогового обладнання входять: камера підлога ліва НКЛ, камера підлога права НКП, датчики проходу коліс Д1-Д3, рейковий ланцюг накладання РЦН і 2 сполучні муфти СМ.

Кожна камера підлоги розміщується з зовнішньої сторони рейки під кутом  $13^\circ$  до осі шляху і містить вузьконаправлену оптичну систему, приймач інфрачервоного випромінювання (болومتر), попередній підсилювач сигналів, замикаючу заслінку та інші елементи конструкції.

Оптична система камери підлоги орієнтується в зону зустрічі її з корпусом буксового, вузла (зона стробування), що вибирається в проміжку між датчиками Д1 і Д2.

Датчики Д1-Д3 встановлюються з внутрішньої сторони однієї з рейок і виробляють електричні сигнали при проході колісних пар рухомих одиниць у зоні їх розміщення. Відстань від камери для підлоги до датчика Д1 і між датчиками Д1-Д2 вибираються з умови забезпечення необхідної зони стробування, а між датчиками Д1 та Д3 – з умови забезпечення роботи пристрою розпізнавання фізичних рухомих одиниць.

Сигнали від датчиків подаються через сполучні муфти СМ до пристроїв постового обладнання. Рейковий ланцюг накладання призначений для

вироблення команд управління в момент появи та видалення поїзда із зони контролю ПОНАБ-3 та розміщується поблизу підлогових камер.

Постове обладнання ПОНАБ-3 включає блок управління БО, 2 підсилювача сигналів від букс. У (правої та лівої сторін), 2 пристрої логічної обробки сигналів від букс УЛОС, 2 формувачі сигналів від датчиків проходу коліс ФС1 та ФС2, блок відмітника вагонів БОВ, блок управління передачею БУП, блок пристрою БЗУ, блок рахунку вагонів БСВ, електронний передавач коду ЕПК. та передавач частотно-модульованих сигналів ПЧМС.

Блок БО виробляє сигнали керування роботою підлогових камер, блоку БУП та інших пристроїв апаратури при проході поїзда ділянкою контролю та формує програму сигналів для автоматичної перевірки справності пристроїв після видалення поїзда з ділянки контролю. Підсилювачі забезпечують необхідне посилення сигналів від букс, що надходять на їх входи з попередніх підсилювачів.

Сигнали з виходів підсилювача надходять на входи УЛОС, де їх логічно обробляють виділення сигналів від перегрітих букс.

Формувач ФС1 призначений для вироблення строб-сигналу на час проходу кожної колісної пари між датчиками Д1 і Д2, а також формування сигналу на блок БОВ в момент проходу колісної пари над датчиком Д1.

Формувач ФС2 виробляє та подає на вхід блоку БОВ сигнали в момент проходу колісних пар над датчиком Д3.

Блок БОВ розпізнає при русі поїзда по сигналах з датчиків Д1 і Д3 фізичні рухливі одиниці незалежно від їхньої осності та виробляє сигнал позначки проходу фізичної одиниці в момент, коли остання колісна пара рухомої одиниці знаходиться над датчиком Д3.

Блоки БУП. БЗУ, БСВ, ЕПК та ПЧМС входять до складу апаратури передачі даних. Блок БСВ призначений для підрахунку числа вагонів, що

пройшли дільницею контролю Функції управління роботою передавальної частини АИК виконує блок БУП.

Блок ЕПК формує кодові комбінації під час передачі інформації та посиляє їх на вхід ПЧМС. Блок БЗУ погодить швидкості надходження сигналів на АИК та передачі кодових комбінацій у канал зв'язку.

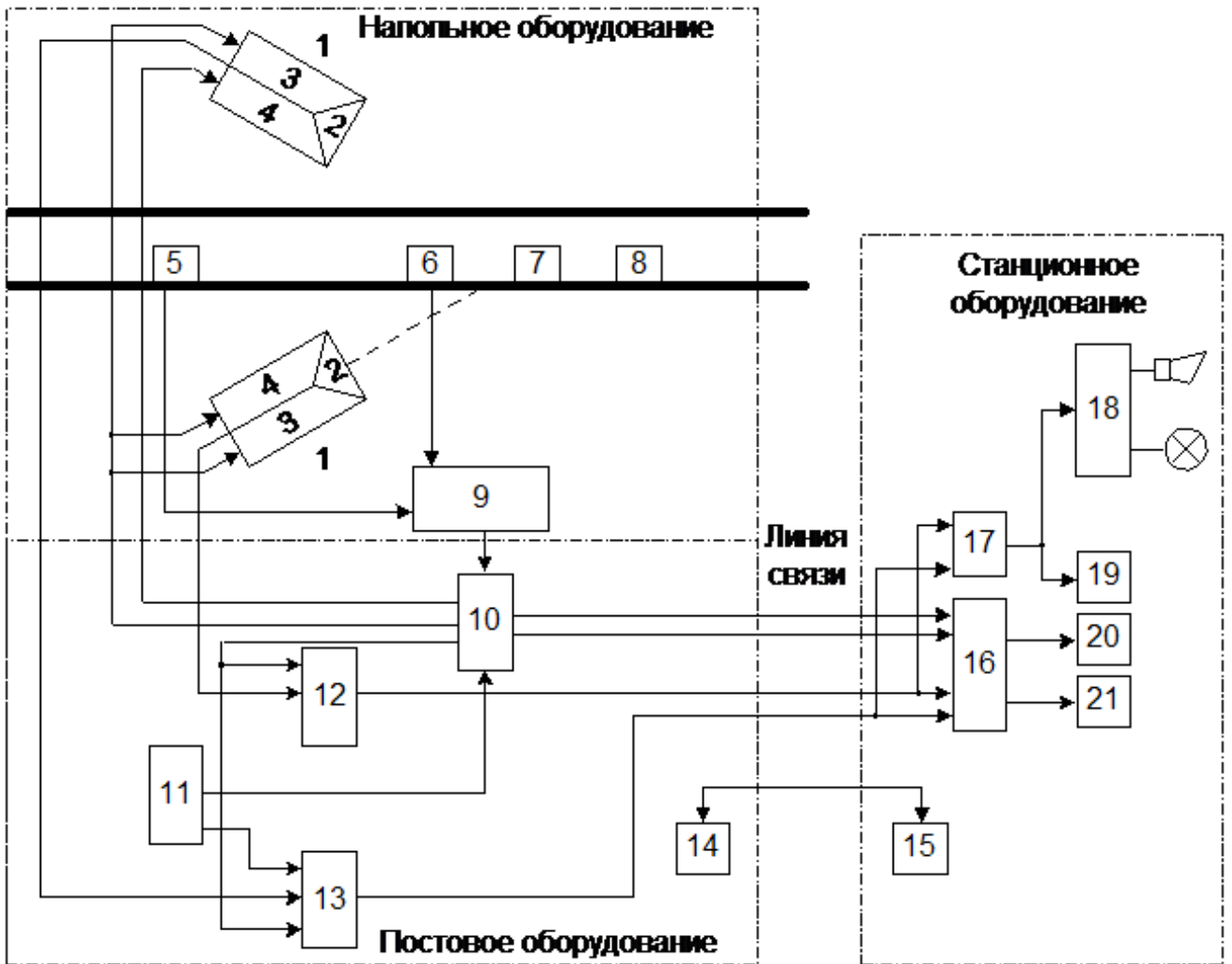
До складу станційного (реєструючого) обладнання входить приймач частотно-модульованих сигналів Пр ЧМС, електронний приймач коду ЕПрК, блок контролю БК, що друкує пристрій ПУ, пульт оператора і пристрої сигналізації УС, що встановлюються у чергового по станції.

Електронний приймач коду, призначений для прийому кодових комбінацій та видачі їх на принтер. Блок БК контролює рівень сигналу в каналі зв'язку та наявність поїзда на ділянці розміщення обладнання для підлоги, а також керує роботою схеми пульта оператора.

### **1.3. Апаратура виявлення перегрітих букс компанії SERVO CORPORATION OF AMERICA (США)**

Апаратура виявляє перегріті букси за температурою задньої стінки корпусу букси, причому кожної визначається перевищення температури корпусу букси над температурою навколишнього повітря. Устаткування апаратури умовно ділиться на підлогове, постове та станційне - малюнок 1.3.

До складу підлогового обладнання входять: два пристрої для зчитування з приймальними капсулами 2, що містять болометри, оптичні системи і попередні підсилювачі, вузлом заслінки 3 і пристроями обігріву 4; датчики проходу колісних пар 5-8, крайні з яких (5, 8) служать для визначення напрямку руху поїзда, включення апаратури та відкриття заслінок, а середні (6, 7) - для утворення зони стробування; кабельна сполучна коробка 9.



Малюнок 1.3 Апаратура виявлення перегрітих букс

Вісь оптичної системи орієнтована на задню стінку корпусу букси під кутом  $35^\circ$  у вертикальній площині по відношенню до площини шляху та під кутом  $5^\circ$  у горизонтальній площині щодо осі шляху.

Як датчики проходу коліс в апаратурі застосовані магнітні педалі. Датчик кріпиться до рейки із внутрішньої сторони колії. Оскільки сигнал на виході обмотки датчика пропорційний швидкості зміни магнітного потоку, датчик такого типу стійко працює при швидкості руху поїзда, що перевищує 8 км/год.

До складу постового обладнання входять: імпульсні підсилювачі теплових сигналів 12. 13. блок контролю напрямку 10 випробувальний пристрій 11 та блоки електроживлення болометра та постового обладнання (блоки живлення на структурній схемі не показані).

Призначення імпульсних підсилювачів - посилення та формування сигналів з амплітудою, пропорційною температурі корпусу букси. Пристрій контролю напрямку виконує 2 основні функції: визначає напрямок руху поїзда і виробляє команди управління, що забезпечують послідовність взаємодії блоків та вузлів апаратури.

При контролі поїзда пристроєм контролю напрямку виробляються стробуючі імпульси, а після закінчення контролю - команди на закриття заслінок, включення обігрівачів та зупинки двигуна самописця.

Випробувальний блок призначений для перевірки підсилювального тракту апаратури, її обладнання, що реєструє. У режимі перевірки випробувальний блок підключається до входу імпульсних підсилювачів та імітує теплові сигнали та сигнали датчиків проходу коліс.

Станційне обладнання апаратури комплектується триканальним самописцем 16, блоком обробки даних 17, цифровим індикатором (електронним покажчиком) 18 та пристроями сигналізації 22, 23.

Три канали самописця 19, 20. 21 призначені для запису теплових сигналів букс лівої та правої сторін поїзда, а також для позначки перегрітих букс у поїзді. Блок обробки даних формує сигнал "тривоги" у разі перевищення обраного порогового значення амплітудою сигналу букси лівої або правої сторони вагона або при перевищенні порогового значення різницею амплітуд сигналів букс однієї колісної пари. Сторона поїзда, на якій виявлено перегріту буксу, відзначається загорянням відповідного оптичного індикатора. З появою на вході

цифрового реєстратора сигналу «тривоги» вмикається генератор, який виробляє акустичний сигнал.

Службовий зв'язок між постом та станцією організується по окремій фізичній двопровідній лінії зв'язку із застосуванням телефонних апаратів 14, 15.

Конструктивно апаратура виконана у вигляді двох самостійних пристроїв (передаючого та приймального), кожне з яких має окремий блок електроживлення. В апаратурі активно використано частину спектру телефонного каналу, що має відносно низький рівень шумів (1200-3050 Гц).

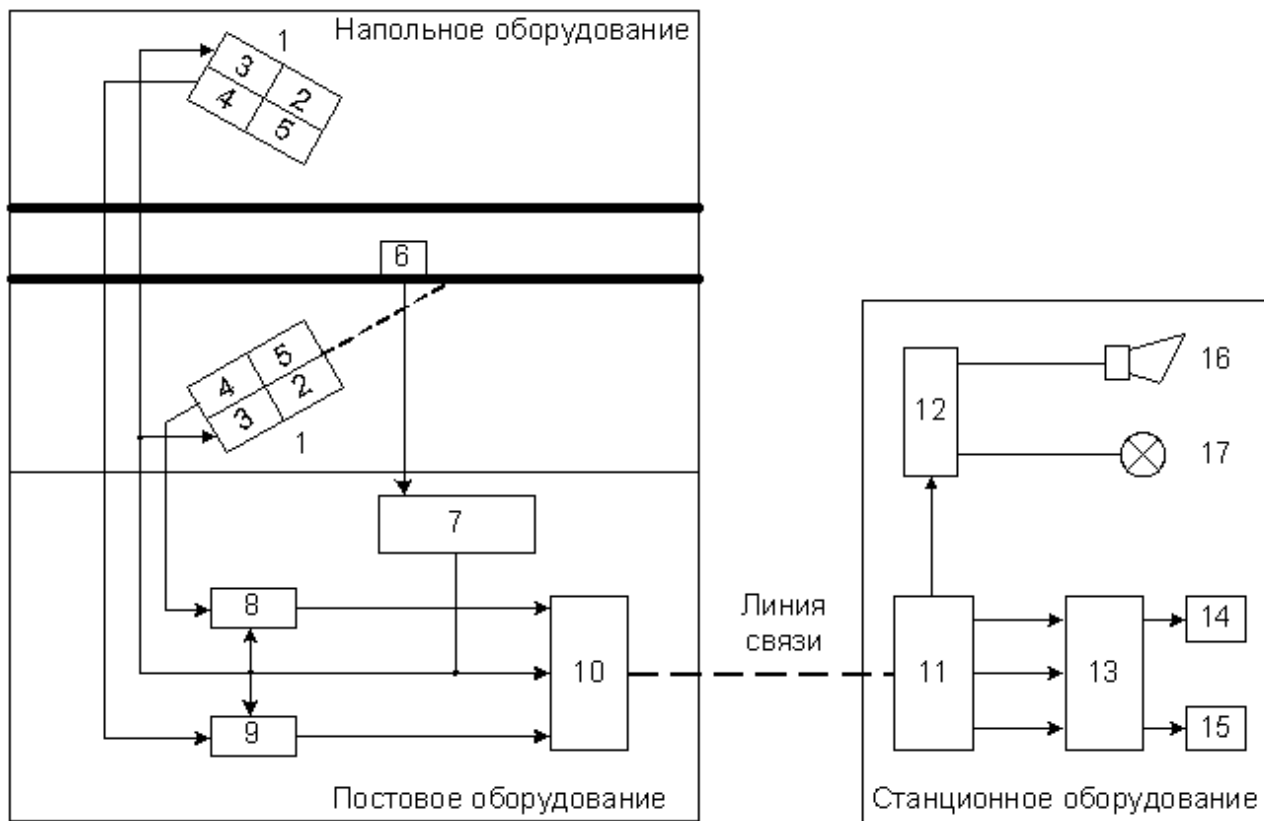
У цьому діапазоні частот розміщується до 11 каналів з частотами 1275, 1445, 1615 і т.д. до 2975 Гц через кожні 170 Гц. Повідомлення кожного каналу передаються до лінії за методом частотної модуляції ЧС однієї з перерахованих несучих частот.

#### **1.4. Апаратура виявлення перегрітих буксів компанії General Electric (США)**

У даній апаратурі також використаний принцип уловлювання та перетворення в електричні сигнали енергії ІЧ-випромінювання, задньої стінкою корпусу, що випускається, букси. У цьому температурі задньої стінки корпусу букси вимірюється і натомість температури навколишнього середовища. Тобто вимірювальний тракт апаратури реагує на перевищення температури корпусу букси температури навколишнього середовища (повітря).

Однак, незважаючи на спільність принципів, апаратура компанії GE має ряд оригінальних відмітних ознак, до яких слід віднести застосування високошвидкісного затвора, що відкриває приймач ІЧ-випромінювання тільки під час контролю кожної букси; формувачів теплових сигналів, які роблять апаратуру інваріантною до швидкості руху поїзда; температурної компенсації,

що зменшує вплив температури навколишнього середовища на параметри вимірювальних сигналів.



Малюнок 1.4 – Структурну схему апаратури General Electric.

До складу підлогового обладнання входять два пристрої для зчитування (підлогові камери) і датчик проходу колісних пар 6.

Підлоговий пристрій, що зчитує, цієї апаратури об'єднує в одному литому корпусі чотири незалежні пристрої: приймальну капсулу з болометром 2, оптичною системою і попереднім підсилювачем, високочастотний затвор 3, захисну заслінку 4 та обігрівальні елементи 5. General Electric (США)

Високочастотний механічний затвор встановлений між першою та другою лінзами на фокусній відстані. Механізм керування затвором забезпечує його відкриття лише на мить, коли в полі огляду болометра знаходиться букс.

Можливість помилкових показань, викликаних розсіяним сонячним світлом, гальмівними колодками та іншими предметами, що гріються, майже виключається.

Як датчики проходу колісних пар в апаратурі використана магнітна ик, що прикріплюється до шийки внутрішньої сторони рейки.

Постове обладнання апаратури включає датчики часових інтервалів 7, підсилювачі-формувачі 8, 9 і комплект апаратури передачі даних 10, що передає.

Датчики тимчасових інтервалів за сигналами шляхової педалі формують команди на відкриття затвора на час контролю кожної букси, відкриття вхідної заслінки та відключення електроживлення на час контролю поїзда, включення двигуна самописця станційного, обладнання.

Час сканування кожної букси визначається часом відкриття високочастотного затвора і тим більше, ніж повільніше швидкість руху поїзда. Апаратура передачі даних є стандартним багатоканальним пристроєм, що передає повідомлення за допомогою частотної модуляції в діапазоні звукових частот (від 935 до 12500 Гц).

До складу станційного обладнання входять двоканалний самописець 13, тривожний блок 12, приймальний комплект АИК 11 і пристрої сигналізації 16, 17. Канали самописця 14, 15 реєструють сигнали від букс лівої та правої сторін поїзда.

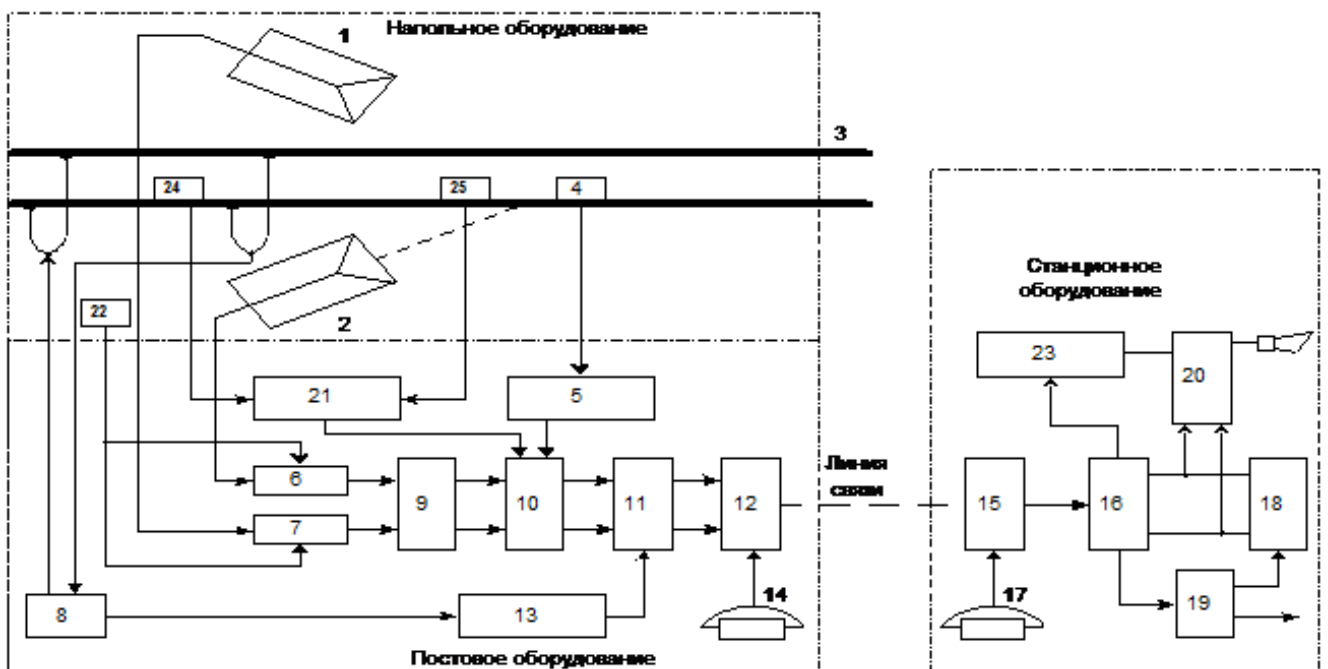
Блок тривоги за однією з ознак розпізнавання букс (амплітуда сигналу букси або різницю двох сигналів букс однієї колісної пари) сигналізує (акустична та оптична сигналізація) про наявність у поїзді перегрітої букси.

## 1.5. Апаратура виявлення перегрітих букс компанії CSEE (Франція)

Апаратура виявлення перегрітих буксів компанії CSEE побудована за принципом апаратури телевимірювання з видачею телеметричної інформації на самописець.

Основна особливість цієї апаратури - вимірювання абсолютного значення температури задньої стінки корпусу букси та застосування як приймача ІЧ-випромінювання активного селективного фотодіода, який складається з пластинки сурм'янистого індію, поміщеної в полі постійного магніту (фотогальваномагнітний ефект).

Подібний приймач не вимагає джерела живлення (під дією інфрачервоного випромінювання він сам є джерелом е. д.с.), практично безінерційний (постійна часу менше 0,2 мкс) і низькоомний.



Малюнок 1.5 – Структурна схема апаратури компанії CSEE.

До складу підлогового обладнання входять зчитувальні камери 1, 2, датчик проходу колісних пар 4, укріплений на рейці 3, рейковий ланцюг накладання 8

(електронна ик) та електронний блок 5, який розміщений на статурі постового обладнання.

Малий опір приймача ГЧ-випромінювання ( $R < 50 \text{ Ом}$ ) дозволило уникнути традиційного в апаратурі виявлення перегрітих букс рішення і винести попередні підсилювачі з підлогових камер в постове обладнання без погіршення відношення сигнал/шум на виході приймально-підсилювального тракту.

Датчик проходу колісних пар є високочастотним транзисторним генератором з розімкненим магнітопроводом резонансного контуру. З появою в зоні дії датчика (близько 30 см) реборди колеса генерація зривається і формується сигнал проходу колісної пари. Датчик, побудований на такому принципі, дозволяє формувати сигнал проходу коліс за швидкості руху поїзда 0—200 км/год.

Рейковий ланцюг накладання 3 працює на частоті 8,7 кГц і призначений для своєчасного відкриття заслінок і запуску двигунів модуляторів підлогових камер при підході поїзда до ділянки контролю.

Попередні підсилювачі 6, 7 постового обладнання з'єднані з камерами для підлоги коаксіальним кабелем. З виходів попередніх підсилювачів теплові сигнали надходять на регульовані атенюатори 9, які вирівнюють чутливість приймачів ГЧ-випромінювання обох камер.

У блоці пристроїв 10 відбувається перетворення теплових сигналів змінної тривалості і амплітуди в прямокутні імпульси постійної тривалості ( $T_i = 17 \text{ мсек}$ ) з амплітудою, пропорційною температурі поверхні букси. Сигнали керування формуються блоком 13. Сформовані в блоках 10 13 імпульси передаються телеграфним передавачем 11 на трьох частотах: 2580, 2460 та 2700 Гц. Перша частота виконує функції управління, а друга і третя використовуються передачі за допомогою амплітудної модуляції значень амплітуд теплових сигналів відповідно лівої і правої сторони поїзда.

У приймачі станційного обладнання 16 відбувається поділ за частотою АМ-сигналів, що приймаються, їх детектування. Імпульси постійної тривалості та з амплітудою, пропорційною температурі букси, записуються на паперову стрічку дводоріжного самописного реєстратора 18, керованого пристроєм 19.

Паралельно з реєстратором ці імпульси надходять в блок автоматичної сигналізації 20, який за ознакою абсолютного значення амплітуди теплового сигналу або по різниці амплітуд двох сигналів букс однієї колісної пари визначає у складі перегріву буксу.

Службовий телефонний зв'язок в апаратурі організується за допомогою режекторно-смугових фільтрів 12, 15, яких підключаються телефонні апарати 14, 17. 24, 25 шляхові педалі, датчик температури зовнішнього повітря 22, релейний блок 21 показчик перегрітих букс 23. 1, 2, камери для підлоги, апаратура передачі даних (передавач 11, каналні фільтри 12, 15);

Застосування двох додаткових педалей 24 і 25 дозволило виконати схему виключення контролю локомотивів і схему контролю напрямку руху поїзда. В апаратурі передбачено автоматичний контроль справності окремих функціональних вузлів. При виробленні сигналу тривоги першого або другого рівня автоматично видається на показчик перегрітих букс інформація про кількість осей з головної частини поїзда до перегрітої букси та про сторону поїзда, з якою розташована букс.

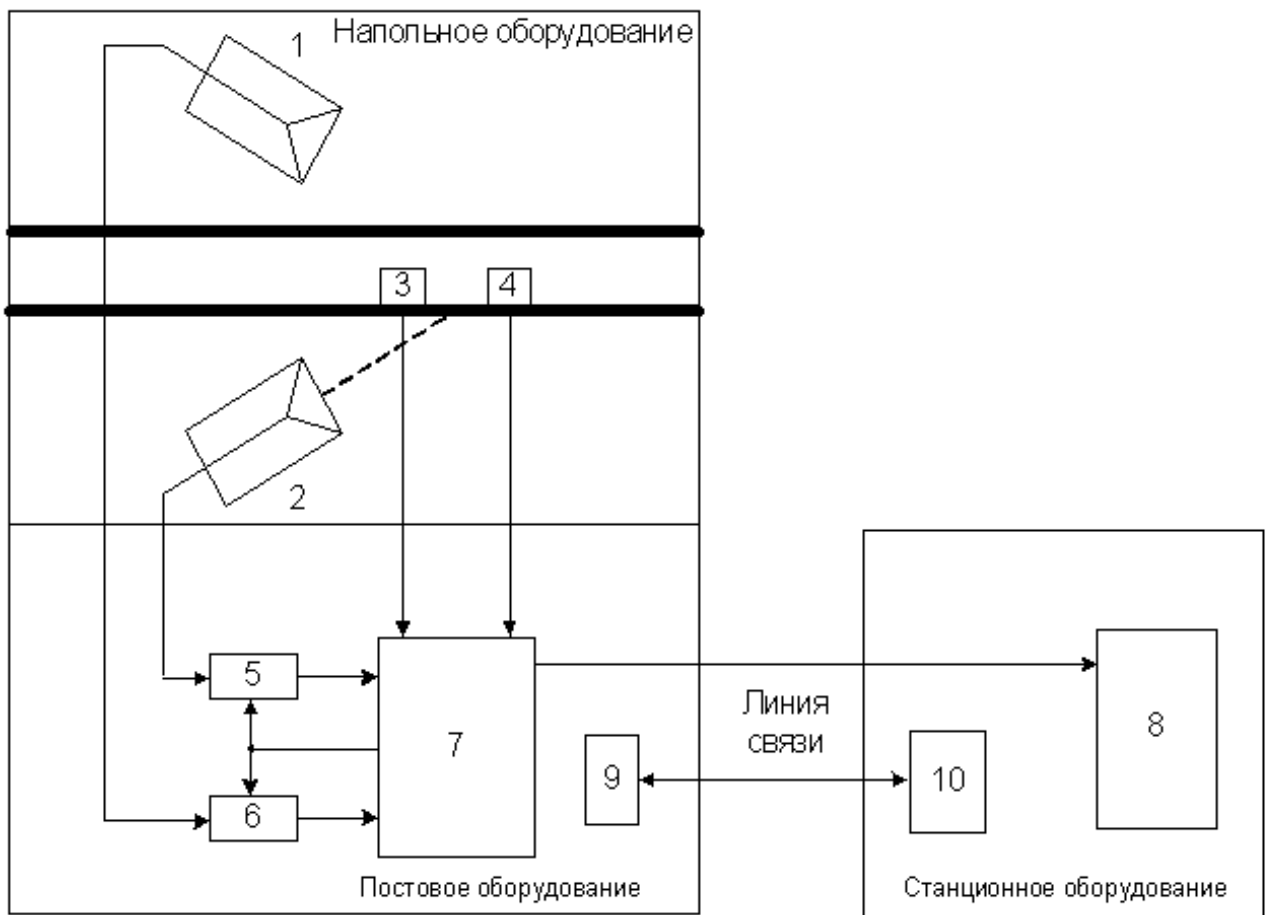
## **1.6. Апаратура виявлення перегрітих букс компанії Hawker siddeley dynamics engineering (Англія)**

Апаратура компанії HSDE побудована на засадах апаратури телесигналізації. Вся первинна телеметрична інформація обробляється постовим устаткуванням, але в реєструюче устаткування надходить лише інформацію про

целуказании. В аппаратуре реализовано метод относительного определения температуры корпуса буксы.

До складу підлогового обладнання входять пристрої для зчитування (підлогові камери 1, 2) і датчики проходу коліс 3, 4.

Підлогова камера складається з приймальної капсули з оптичною системою, приймачем ІЧ-випромінювання та попереднім підсилювачем теплових сигналів, пристрої обігріву та механізму заслінки. Камери підлоги монтуються на спеціальних фундаментах, встановлених у призму залізничного полотна.



Малюнок 1.6 – Наведено структурну схему апаратури компанії CSEE.

Датчики проходу коліс, що діють на електромагнітному принципі, розміщуються попарно на спеціальній металевій плиті-платформі, яка встановлюється біля рейки з внутрішньої сторони колії. Таке розміщення датчиків сприяє більш точній фіксації часу контролю однієї букси. Задня стінка корпусу букси сканується під кутом  $45^\circ$  до горизонту.

У постове обладнання входять імпульсні підсилювачі 5, 6 та блок обробки телеметричної інформації 7. Підсилювачами виконується операція стробування, що унеможливує попадання в обробку паразитних сигналів від інших нагрітих деталей поїзда.

Блоком обробки телеметричної інформації запам'ятовуються амплітуди сигналів двох букс однієї колісної пари, якими після проходу колесом другого (по ходу руху поїзда) датчика проходу коліс приймається рішення про технічний стан букси. При прийнятті рішення, крім ознаки "амплітуда сигналу", формується ознака "сума амплітуд сигналів" букс однієї колісної пари.

Остання ознака сприяє зменшенню хибних показань при контролі букс із підшипниками кочення. Результат обробки телеметричної інформації кодується чотирма рівнями амплітуди імпульсного сигналу і передається до станційного обладнання двопровідної лінії зв'язку. На кожну проконтрольовану буксу передається імпульс, 4 рівня якого означають: 1-й - колесо без нагрітої букси; 2-й - перегріта букса зліва; 3-й - перегріта букс праворуч; 4-й - обидві букси колісної пари перегріті.

Безпосередня передача імпульсних сигналів обмежує дальність передачі, яка має перевищувати 5 км. У станційне обладнання входить реєстратор 8 та телефонний апарат 10. Від імпульсів проходу коліс починають працювати 4 механічні лічильники осей реєстратора. За сигналом першої перегрітої букси зупиняється перший лічильник, за сигналом другої перегрітої букси - другий лічильник, за сигналом третьої перегрітої букси - третій лічильник. При цьому

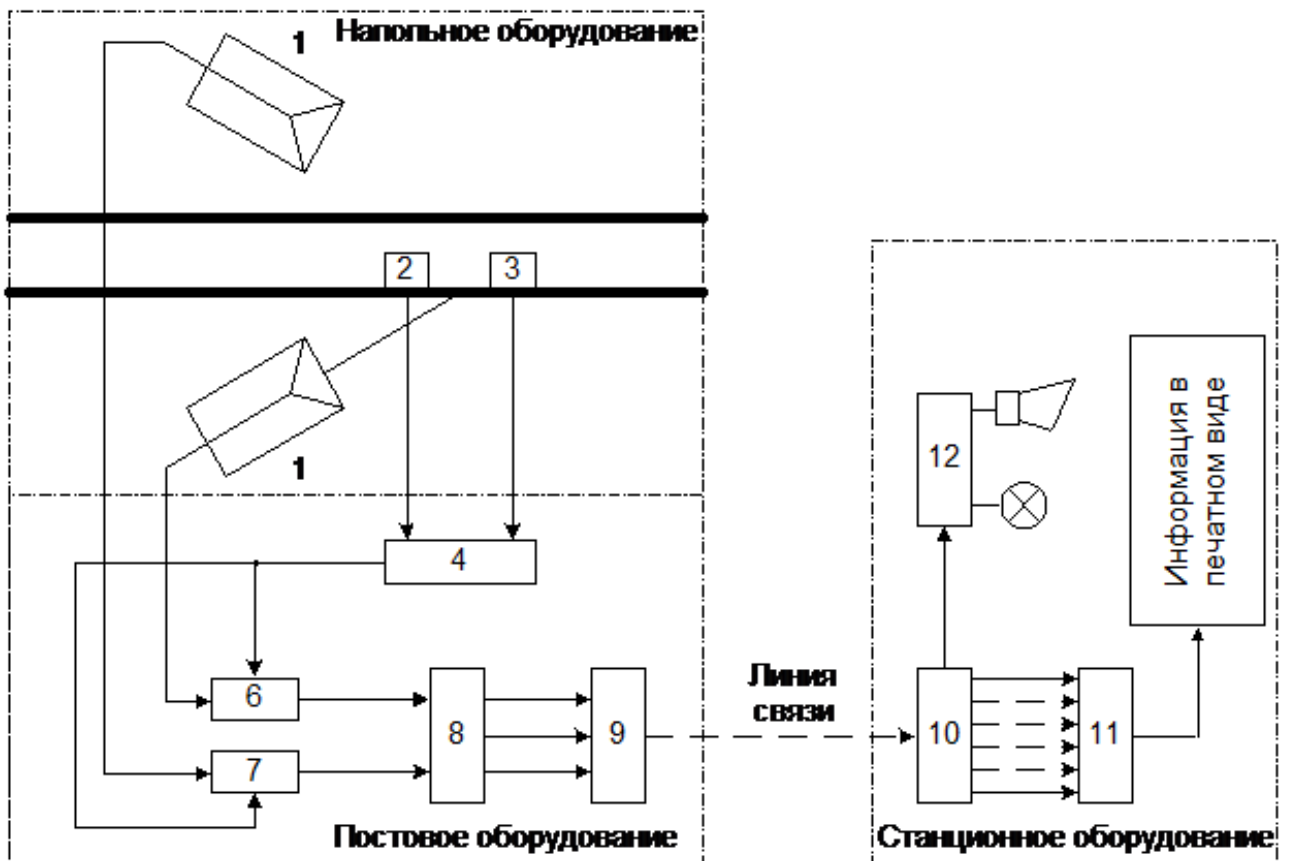
відповідною лампочкою вказується сторона поїзда, на якій виявлено перегрітий букс.

Документальний запис результатів контролю за такої форми реєстрації відсутня, що створює експлуатаційні незручності. Службовий зв'язок організується окремим фізичним ланцюгом із застосуванням апаратів 9,10.

### **1.7. Апаратура виявлення перегрітих букс МН2 підприємства TESLA (Чехословаччина)**

Відмінною особливістю цієї апаратури порівняно із зарубіжними моделями є видача інформації про технічний стан букс контрольованого поїзда на пристрій для друку. Апаратуру побудовано за принципами апаратури телесигналізації.

Температура задньої стінки корпусу букси вимірюється по відношенню до температури рами вагона (температурі навколишнього повітря). До складу підлогового обладнання (малюнок 1.7) входять два підлогові зчитувальні пристрої 1 і два датчики проходу колісних пар 2, 3.



Малюнок 1.7 – Структурна схема апаратури МН2.

Як приймач ІЧ-випромінювання використовується фотоопір з оптичним фільтром до 2,5 мкм.

Постове обладнання апаратури ОПБ МН2 містить блок управління 4, підсилювачі теплових сигналів 6, 7, класифікатор букс 8, що гріються, і центральний годинник 5. Сюди не входить передавальний комплект апаратури передачі даних 9.

Блок управління сигналами датчиків проходу коліс формує команди, що забезпечують послідовність взаємодії всіх блоків і вузлів апаратури.

Класифікатор букс, що гріється, підраховує осі контрольованого поїзда та за амплітудним значенням сигналу приймає рішення про технічний стан букс (класифікує букси на перегріті та нормально гріються). Рішення, прийняте

класифікатором разом із сигналами позначки часу від центральних годин подаються на вхід передавача АИК 9 і далі двопровідної кабельної лінії зв'язку до станційного обладнання.

У комплект станційного обладнання, крім приймача АИК 10, входить цифроводрукарський пристрій ЦПУ 11 і блок сигналізації 12 з акустичною 13 і оптичною сигналізацією 14. У процесі контролю поїзда на паперову стрічку автоматично друкується час проходження поїзда та кількість осей у поїзді, номер осі з перегрітою буксою позначенням L (ліва) або R (права) сторона поїзда.

### **1.8. Підсистема базова АСДК-Б (Україна)**

Підсистема базова АСДК-Б є стаціонарний комплекс телеметричної апаратури, що розміщується вздовж залізничного полотна, і призначена для виявлення перегрітих буксових вузлів поїздів, що проходять по ньому, передачі і реєстрації на станції інформації про кількість і розташування таких буксових вузлів у минулому поїзді.

Комплекс АСДК-Б є новим поповненням діагностичного обладнання з виявлення перегрітих буксових вузлів рухомого залізничного складу та призначений для заміни застарілого обладнання ПОНАБ та ДИСК.

В апаратурі підсистеми базової АСДК-Б використовується мікропроцесорна техніка, що дозволяє розширювати функціональні можливості апаратури шляхом модифікації прикладного програмного забезпечення та підключення додаткових датчиків, а також використовувати апаратуру АСДК-Б для створення розподілених систем збирання та обробки інформації, інтегрування її в систему диспетчерської централізації.

Підсистема базова АСДК-Б автоматично розпізнає перегріті буксові вузли в результаті оцінки температури шийки осі колеса за даними дистанційного контролю температури корпусу букси та ступичної частини,

передає на станцію та реєструє в апаратурі станційного пульта контролю та сигналізації інформацію про наявність таких буксових вузлів у поїзді із зазначенням порядкового номера та сторони рухомої одиниці. Крім того, апаратура АСДК-Б забезпечує оповіщення працівників відповідних служб залізничної станції про результати контролю.

На даний момент апаратура АСДК-Б експлуатується на всіх залізницях України: Південно-Західна, Львівська, Південна, Придніпровська, Донецька, Одеська.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ПЕРЕГРІТИХ БУКС

### 2.1. Методи контролю стану ділянок колії в системах залізничної автоматики.

Як відомо, системи залізничної автоматики і телемеханіки у своєму складі мають датчики контролю стану ділянок (перегінні ИКП і станційні ИКС), які контролюють зайняте або вільний стан ділянки колії, а також можуть контролювати справний стан рейкових ниток. Функції контролю зайнятого або вільного стану ділянок колії, залежно від конкретних умов застосування датчиків в системах ЗАТ, можуть виконувати пристрої побудовані на різних технічних принципах:

- З використанням лічильників осей;
- З використанням радіотехнічних датчиків;
- З використанням супутникової навігації;
- З використанням рейкових кіл.

**Системи рахунку осей.** На залізничному транспорті системи рахунку осей застосовуються для наступних цілей: контролю зайнятості колійних та стрілочних ділянок; контролю прибуття поїзда в повному складі з перегону на станцію (у системах РПБ); визначення номерів пошкоджених колісних пар в системах виявлення перегрілися букс або несправностей бандажів коліс (у системах контролю стану рухомого складу по ходу поїзда - ПОНАБ, ДИСК, КТСМ і т.н.).

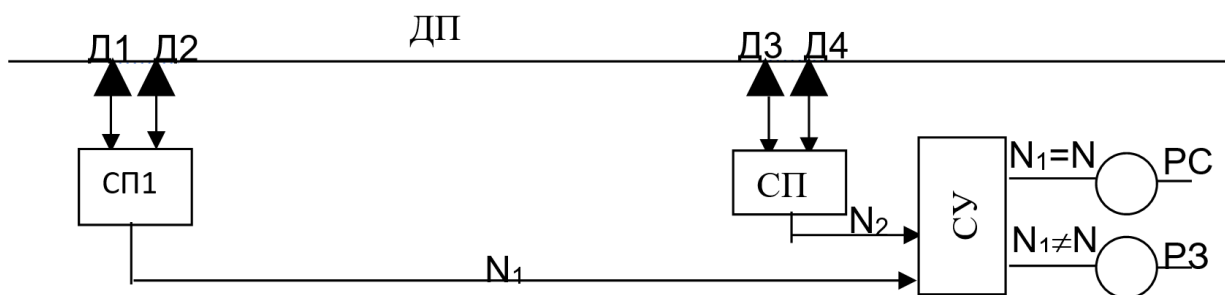
Основним елементом системи рахунку осей є датчики прослідування колеса (Д1, Д2, Д3, Д4), рахункові пункти (СП, СП2) і зрівнюючий пристрій (СУ). В якості виконавчих елементів системи рахунку осей є реле вільного стану ділянки колії (РС) і реле зайнятої ділянки колії (РЗ).

Структурна схема системи рахунку осей наведена на мал.2.1. Рейкові датчики первинної інформації Д, розташовувані безпосередньо на рейках на кордонах контрольованої ділянки путі, взаємодіють з кожним колесом, або

колiсною парою залiзничного рухомого складу, i виробляють при цьому сигнали (як правило, електричнi). Установка в кожному пункти двох колiйних датчикiв пiдвищує надiйнiсть фiксацiї минулого колеса i дозволяє визначити не тiльки кiлькiсть проходять колiсних пар, а й напрямок руху складу. Напрямок руху поїзда визначає порядок спрацьовування датчикiв Д1 або Д2 i Д3 або Д4. Сигнали вiд датчикiв надходять в рахунковi пункти СП1, СП2, якi формують прийнятi вiд датчикiв сигнали у форму зручну для передачі на порiвнюючий пристрiй СУ, замiщене на станцiї або в спецiальному примiщеннi. Якщо кiлькiсть осей, зафiксованих у першому ( $N_1$ ) i другому лiчильних пунктах ( $N_2$ ), не рiвнi, то включається реле зайнятостi дiлянки колiї РЗ. При рiвностi кiлькостi увiйшли на дiлянку колiсних пар i вийшли з нього пiд струм стає реле вiльного стану контрольованої дiлянки колiї РС.

Застосування систем рахунку осей для контролю стану дiлянок колiї володiє рядом переваг. До основних переваг можна вiднести:

- Можливість застосування на дiлянках з низьким опором iзоляцiї мiж рейковими нитками;
- Вiдсутнiсть обмежень на довжину контрольованої дiлянки.



Малюнок 2.1. – Структурна схема системи рахунку осей для контролю зайнятості колiйного дiлянки

Недолiком цього методу є вiдсутнiсть контролю справного стану рейкових ниток. На даний час система вважається перспективною, особливо для дiлянок

залізниць обладнаних системою ПАБ підлягають включенню їх у диспетчерську централізацію.

*Радіотехнічні датчики контролю стану ділянок колії (РТДС).* У радіотехнічних датчиках електромагнітні хвилі НВЧ діапазонів, які випромінює передавачем, служать засобом встановлення просторового контакту між прийомним пристроєм і передавачем. Наявність рухомої одиниці між передавачем і приймачем порушує цей зв'язок і таким чином контролюється зайняте або вільний стан ділянки колії.

На мал.2.2 показані варіанти структурних схем радіотехнічних датчиків. У схемі РТДС (мал.2.2, а) передавальний модуль, що включає в себе генератор НВЧ коливач (ДСЧЧ), генератор модулюючого сигналу (ГМС) і передавальну антену А1, встановлюється по одну сторону контрольованої ділянки залізничної колії, а прийомний модуль, що складається з приймальної антени А2, підсилювача обмежувача УО й пристрої фіксації (наявності або відсутності рухомої одиниці в зоні контролю) УФ, - по інший бік ділянки.

За відсутності на контрольованому ділянці рухомої одиниці випромінюється передавачем сигнал потрапляє в приймальну антену А2 і в УФ приймача, що реалізує пороговий алгоритм розпізнавання сигналу. Згідно з цим алгоритмом виробляється сигнал логічної одиниці  $x_1$ , який свідчить про вільному стані контрольованої ділянки шляху. При появі рухомої одиниці в зоні дії РТДС випромінюється передавачем сигнал екранується і в приймальню антену А2 сигнал не потрапляє, в результаті чого виробляється сигнал логічного нуля  $\bar{x}_1$ , який свідчить про зайнятість ділянки колії.

Перевагою такої схеми побудови РТДС є очевидна простота і безперервний контроль працездатності датчика.

На мал.2.2, б представлена схема побудови РТДС, що реалізує алгоритм виявлення рухомої одиниці з прийому відбитого від нього сигналу. При цьому передавальний і приймальний модулі розташовуються по одну сторону контрольованої ділянки шляху. За наявності рухомої одиниці в зоні дії датчика

випромінюється передавальною антеною А1 сигнал, відбившись від її бічної стінки, потрапляє в приймальну антену А2. В результаті при перевищенні рівнем відбитого сигналу граничного значення в УФ формується сигнал  $x_2$ , що характеризує зайнятість контрольованої ділянки. За відсутності рухомої одиниці на контрольованому ділянці відбитий сигнал на вхід приймальної антени А2 не надходить, в результаті чого на виході пристрою фіксації формується сигнал  $\bar{x}_2$ , який свідчить про вільному стані контрольованої ділянки.

Схеми, представлені на мал.2.2, а, б, являють собою одноканальні структури побудови РТДС. У першому випадку РТДС має канал прямого сигналу (РТД-КПС), у другому випадку - канал відбитого сигналу (РТД-КОС).

На мал.2.2, в показаний двоканальний варіант побудови радіотехнічного датчика, що представляє собою комбіновану схему двох одноканальних РТДС. Ця схема складається з одного передавача і двох приймачів, рознесених в просторі. Приймні модулі з антенами А2 і А3 встановлюються на протилежних сторонах контрольованої ділянки. Причому антена приймального модуля А3 встановлюється в безпосередній близькості від передавальної антени А1. Конструктивно приймально-передавальні антени А1 та А3 при використанні їх у РТДС можуть бути суміщені.

За відсутності рухомої одиниці в зоні контролю антена А2 приймає випромінюється сигнал по каналу прямого сигналу, а в прийомну антену А3 сигнал передавача не надходить. Тому на виходах УФ2 і УФ1 формуються відповідно сигнали  $x_1$  і  $\bar{x}_2$ , на підставі яких вирішальне пристрій РУ реєструє вільний стан контрольованої ділянки. При появі рухомої одиниці екранується сигнал на КПС, в результаті він не надходить у приймальну антену А2, і разом з цим у приймальні антени А3 каналу відбитого сигналу з'являється сигнал, відбитий від рухомої одиниці. На виходах УФ2 і УФ1 формуються інверсні значення напруг відповідно  $\bar{x}_1$  і  $x_2$ . Зайнятість ділянки реєструється при появі на виході РУ будь-якого з двох значень напруг  $\bar{x}_1$  і  $x_2$ .

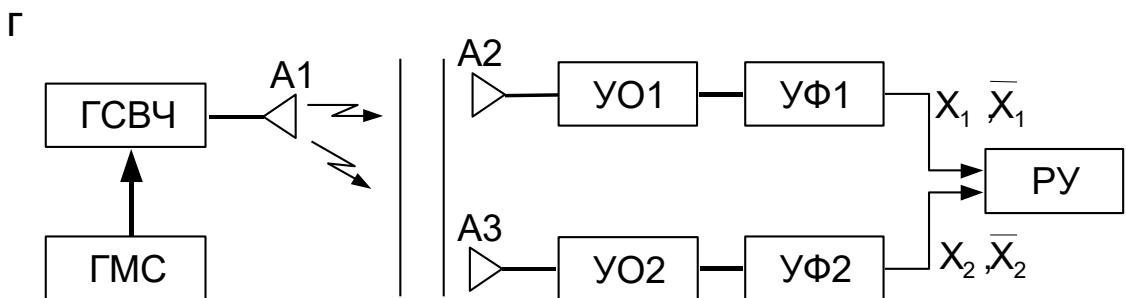
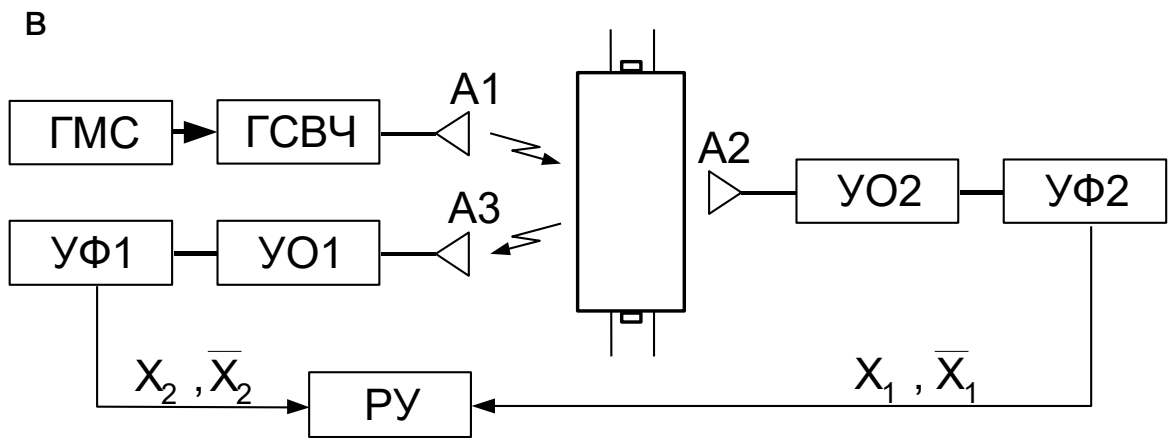
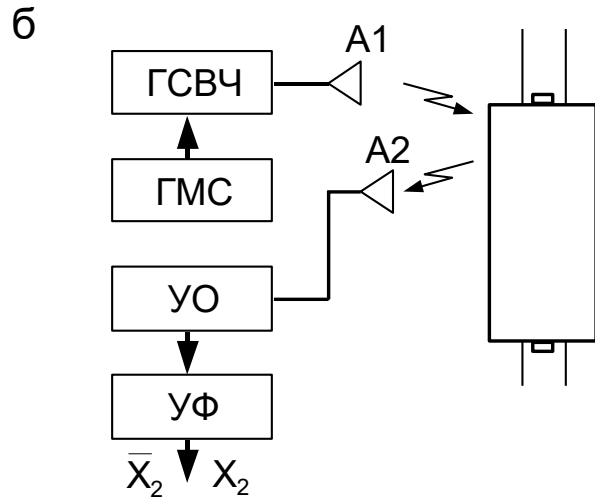
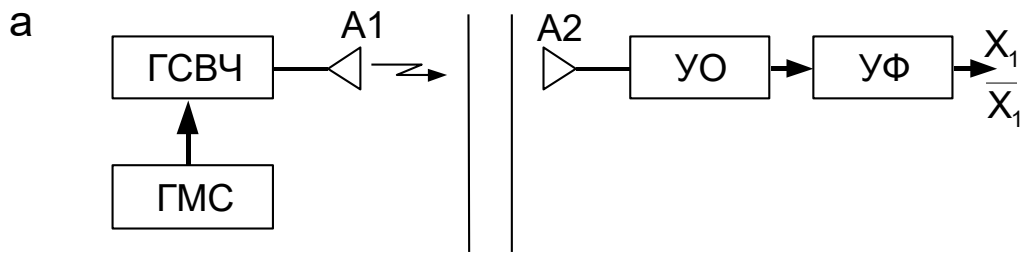
Таким чином, у схемі РТДС, що на рис.2.2, у вільному стані контрольована ділянка перевіряється по наявності сигналу в антені А2 по КПС і одночасно відсутності його на вході приймальної антени А3 по КОС. Це дозволяє більш достовірно визначати фактичне, вільний стан зони контролю.

Двоканальний варіант побудови РТДС на базі двох каналів прямого сигналу представлений на мал.2.2, г. Тут на відміну від розглянутого вище варіанти розташування передавальної і приймальної апаратури модуль з антеною А1 встановлюється по одну сторону контрольованої ділянки, а по іншу, в зоні дії передавальної антени, - два прийомних модуля з антенами А2 і А3.

Кожен окремо КПС цієї схеми має той же алгоритм роботи, що і у варіанті, наведеному на мал.2.2, а. Вільний стан контрольованої ділянки реєструється РУ в тому випадку, якщо на його входах присутні напруги  $x_1$  і  $x_2$ , що характеризують наявність сигналів в антенах відповідно А2 і А3. Відсутність хоча б одного із сигналів в приймальних антенах при появі рухомої одиниці в результаті повного або часткового екранізування нею випромінюваного передавачем сигналу, що надходить в будь-яку з прийомних антен А2 або А3, призведе до формування на виході РУ сигналу зайнятості ділянки.

Як видно з розглянутих прикладів, додавання у одноканальному варіанту РТДС лише одного приймача (мал.2.2, в, г) істотно підвищує достовірність визначення фактичного, вільного стану контрольованої ділянки.

Перевагою двоканального варіанту побудови РТДС з двома каналами прямих сигналів (РТД - 2КПС, мал.2.2, г) є можливість контролю працездатності кожного з каналів, а також можливість вибору такого розташування приймальних антен А2 і А3 в зоні дії випромінюваного сигналу передавальною антеною А1, при якому виявляються рухомі одиниці будь-якої конструкції. Цей варіант знайшов широке поширення на сортувальних гірках.



Малюнок 2.2 – Варіанти структурних схем радіотехнічних датчиків.

**Супутникові навігаційні системи.** На даний час в системах регулювання руху поїздів, для контролю місця знаходження рухомої одиниці на ділянках залізниць, знаходять широке застосування супутникові навігаційні системи. У світі є дві повномасштабні супутникові навігаційні системи:

- ГЛОНАС - Росія;
- GPS-NAVSTAR - США.

Глобальна навігаційна супутникова система ГЛОНАС призначена для визначення місця розташування, швидкості руху, а також точного часу морських, повітряних, сухопутних та інших видів споживачів. До складу системи ГЛОНАС входять три підсистеми:

- Підсистема космічних апаратів (ПКА);
- Підсистема контролю та управління (ПКУ);
- Навігаційна апаратура споживачів (НАП).

Підсистема космічних апаратів системи ГЛОНАС складається з 24-х супутників, що знаходяться на кругових орбітах заввишки 19100 км, нахилом  $64,8^{\circ}$  і періодом обігу 11 годині 15 хвилин у трьох орбітальних площинах. Орбітальні площини рознесені по довготі на  $120^{\circ}$ . У кожній орбітальній площині розміщуються по 8 супутників з рівномірним зрушенням по аргументу широти  $45^{\circ}$ . Крім цього, у площинах положення супутників зрушені відносно один одного по аргументу широти на  $15^{\circ}$ . Така конфігурація ПКА дозволяє забезпечити безперервне і глобальне покриття земної поверхні і навколоземного простору навігаційним полем.

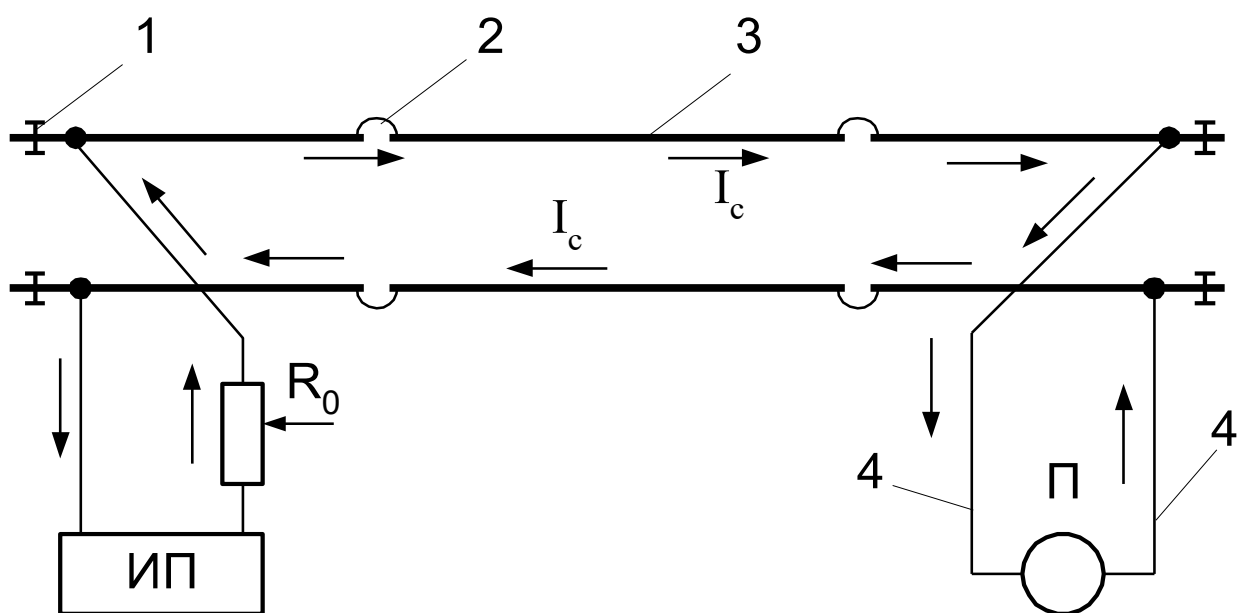
Підсистема контролю й управління складається з Центру управління системою ГЛОНАС та мережі станцій виміру, управління та контролю, розосередженої по всій території Росії. У завдання ПКУ входить контроль правильності функціонування ПКА, безперервне уточнення параметрів орбіт і

видача на супутники тимчасових програм, команд управління і навігаційної інформації.

Навігаційна апаратура споживачів складається з навігаційних приймачів і пристроїв обробки, призначених для прийому навігаційних сигналів супутників ГЛОНАС і обчислення власних координат, швидкості і часу.

## 2.2. Рейкові кола, визначення, призначення, основні елементи

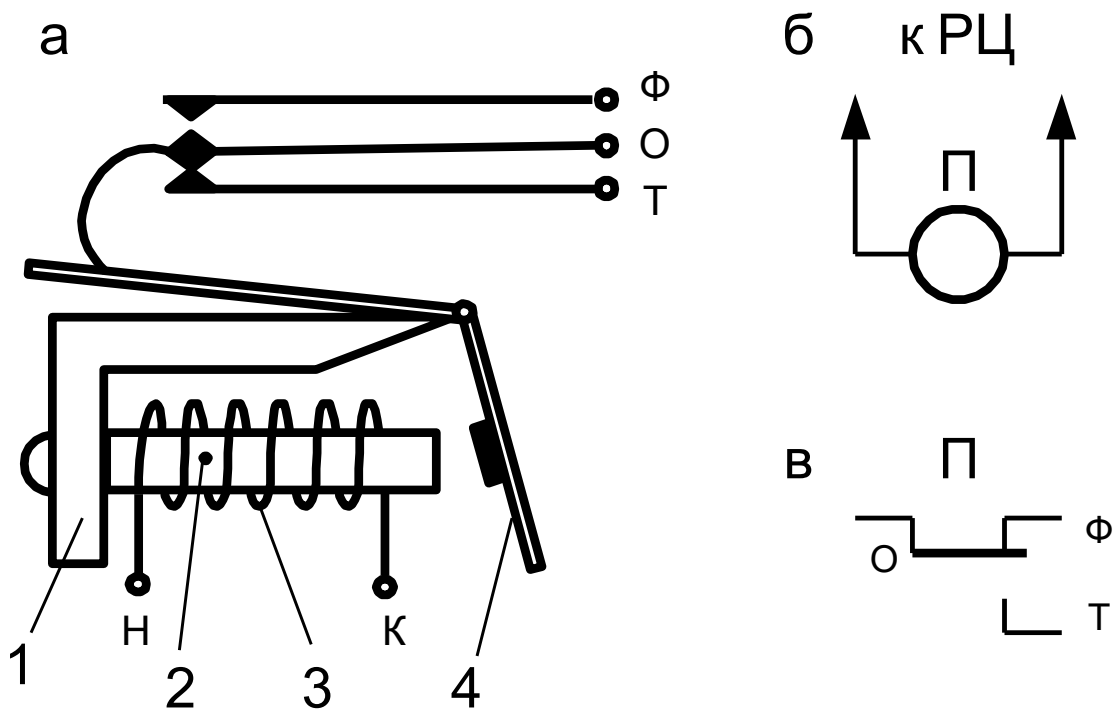
Найбільшого поширення на сеті залізниць, в якості датчиків контролю стану ділянок колії, використовуються рейкові кола. Рейковий ланцюг являє собою електричний ланцюг (мал.2.3.), в якій є джерело живлення (ИП) і колійний приймач (П), а провідниками електричного струму ( $I_c$ ) служать рейкові ланки (3). Для стабілізації опору рейкових ниток, що складаються з окремих ланок, скріплених накладками, в струмопровідних стиках встановлюють стикові з'єднувачі (2). На кордонах ділянок колії, контрольованих РЦ, встановлюються ізолюючі стики (1). Опір  $R_0$  обмежує струм джерела живлення при знаходженні поїзда на ділянці колії.



Малюнок 2.3. Схема рейкового кола.

Основне призначення рейкового кола - видати надійну інформацію в пристрої залізничної автоматики: про вільному стані контрольованої ділянки колії за відсутності на ньому рухомої одиниці; про зайняте стані ділянки колії при знаходженні на ньому рухомої одиниці або лопнула рейка. Цю інформацію рейкове коло видає контактами колійного приймача (П).

В якості колійного приймача в рейкових колах можуть використовуватися різні типи реле (одноелементні, двоелементні, постійного та змінного струму), електронні та мікропроцесорні пристрої. У більшості рейкових кіл, що застосовуються на залізничному транспорті, колійними приймачами є електромагнітні реле. Принцип дії електромагнітного реле пояснює мал. 2.4.



Малюнок 2.4. електромагнітне реле

Основною частиною реле є електромагніт. Він складається з обмотки 3 з сердечником 2, ярма 1 і рухомої частини 4, званої якорем. При підключенні напруги до виводів Н і К по обмотці реле протікає струм, в осерді 2 виникає

магнітне поле, силові лінії якого пронизують якір, і він притягається до сердечника. Під впливом якоря розмикається ланцюг між загальним (О) і тиловим (Т) контактами і замикається ланцюг між загальним і фронтним (Ф) контактами.

При виключенні струму в обмотці реле або зниженні його до певної величини якір під власною вагою (або спеціальною пружиною) повертається у вихідне положення. Кожен тип реле володіє своїми паспортними значеннями напруги (струму) спрацювання  $U_{сп}$ , ( $I_{сп}$ ) і напруги (струму) відпускання якоря реле  $U_0$ , ( $I_0$ ).

Властивості реле замикати фронтні (за наявності на його обмотках напруги, струму спрацювання) і тилові контакти при зниженні напруги, струму до значення відпускання якоря використовуються для контролю стану ділянок колії і цілісності рейок.

### **2.3. Вимоги, що пред'являються до рейкових кіл**

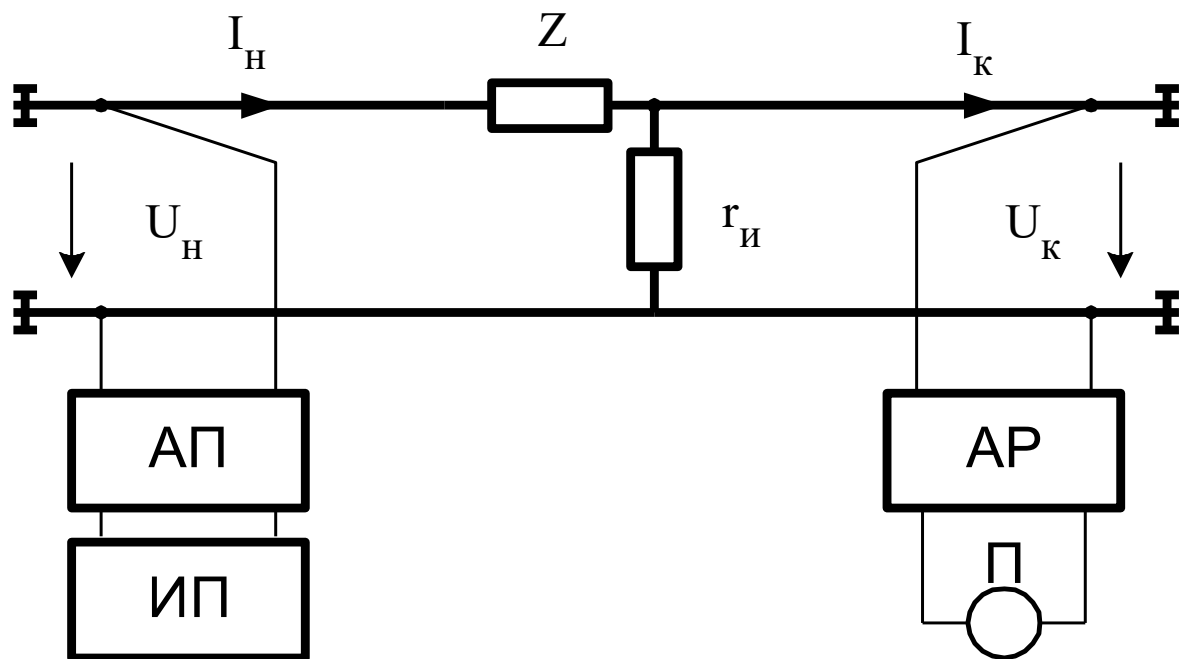
До рейкових кіл пред'являються такі основні вимоги:

- За відсутності рухомого складу на рейкової лінії колійним приймачем повинна подаватися інформація про вільному стані контрольованої ділянки колії;
- За наявності на рейковому колі хоча б однієї колісної пари рухомого складу або при пошкодженні рейкової нитки повинна подаватися інформація про зайнятість контрольованої ділянки колії;
- При пошкодженні (згоні) стиків, з метою виключення впливу напруги джерела живлення одного рейкового кола на колійний приймач суміжного рейкового кола, обидва колійних приймача повинні надійно відпустити свої якорі (фіксувати помилкову зайнятість).

Виходячи з цих вимог, при проектуванні, розрахунках і дослідженнях розрізняють три основні режими роботи рейкових кіл: нормальний, шунтовий, контрольний, і два додаткових режиму: **режим короткого замикання, режим автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС)**.

Зазначені вище вимоги повинні виконуватися при самих несприятливих умовах, в яких може опинитися рейкове коло, хоча б навіть на короткий час.

У загальному випадку при передачі енергії в РК від джерела живлення ИП до колійного приймача П частина її втрачається в проміжній апаратурі живлячої АП та релейного АР кінців, а більша частина втрат відбувається в рейковому колі за рахунок падіння напруги на опорі рейкових ниток  $Z$  і витоків сигнального струму між рейковими нитками через опір ізоляції  $r_{и}$  (мал. 2.5).



Малюнок 2.5. Структурна схема рейкового кола з урахуванням параметрів рейкової лінії

Втрати енергії в рейковій лінії визначаються її електричними параметрами. Як і будь-яка лінія зв'язку і електропередачі, рейкова лінія характеризується

первинними і вторинними параметрами. До первинних параметрах рейкових ліній відносяться:

- Активний опір;
- Індуктивність двухпровідного ланцюга;
- Ємність і провідність ізоляції між провідниками струму (або зворотна їй величина - опір ізоляції).

Усі первинні параметри рейкових кіл представляють собою питомі величини, віднесені до одного кілометра довжини рейкової лінії.

#### 2.4. Основні режими роботи рейкових кіл

Враховуючи, особливу роль РК в СЗАТ, що забезпечують безпеку руху поїздів, розрахунок і аналіз їх роботи проводять у трьох основних режимах: нормальному, шунтового, контрольному.

**Нормальний режим.** При нормальному режимі, тобто за відсутності рухомого складу (мал. 2.3.), сигнальний струм  $I_c$  протікає від джерела живлення ИП по рейкових нитках до колійного приймача П. У результаті цього, колійне реле притягує свій якір і замикає фронтові контакти, цим фіксується відсутність рухомої одиниці на контрольованому ділянку колії.

**Шунтовий режим.** При шунтовому режимі роботи, коли рухомий склад вступає на контрольований РК ділянку колії. Рейкові нитки з'єднуються через малий опір колісних пар (опір однієї колісної пари приймається рівним 0,06 Ом). Велика частина сигнального струму ( $I_c$ ) проходить через колісну пару ( $I_{ш}$ ) і тільки незначна частина ( $I_p$ ) проходить через колійне реле (відбувається шунтовий ефект). Колійне реле відпускає свій якір і замикає тилові контакти, в результаті чого фіксується зайнятість контрольованої ділянки колії.

## 2.5. Структура та принцип дії пристрою

У пристрої підрахунку вагонів я використовую три датчики, два поєднаних, для точнішого визначення положення колісної пари, і третій, такий, що знаходиться на відстані 5,2м (мал.2.8) від перших датчиків, для визначення закінчення відчепу. Сигнали від датчиків потрапляють на узгоджуючий пристрій, де перетворюються в сигнали ТТЛ рівня. Потім ці сигнали потрапляють в лічильники сигналів, де відбувається їх підрахунок, причому сигнали від перших двох датчиків потрапляють на таймер, який рахує час між проходженнями осей над датчиками. Далі ця інформація (число осей і час між проходженнями осей над датчиками) поступає в лічильний пристрій, звідки ми і отримуємо відомості про відчеп на гірці.

Перші два датчики знаходяться на невеликій відстані, і при проїзді колісної пари спрацьовує спочатку перший, а потім другий датчик. По їх сигналах визначаємо точне положення колісної пари, через перехід напруги через 0 (мал.2.9).

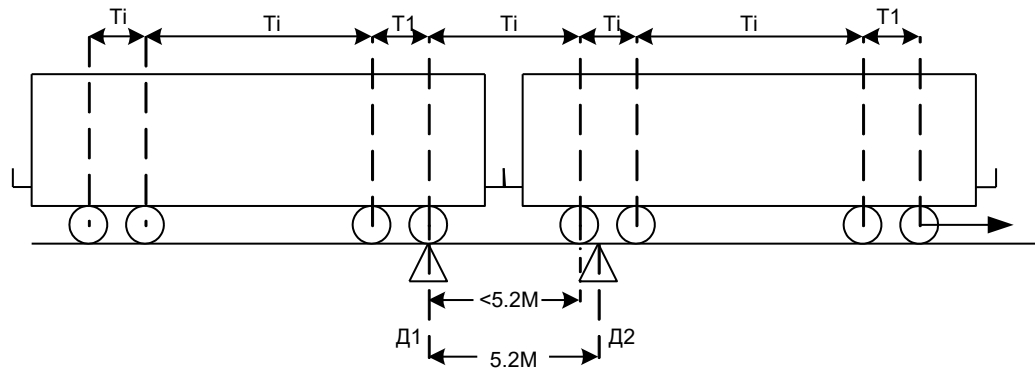
Більш точне місце розташування колісної пари нам потрібне для визначення часу, між проходженнями кожної осі, яке буде прямо пропорційне відстані між осями. По цьому часу ми зможемо визначити середину вагону. Для цього добавимо характеристичне число  $K$ .

Характеристичним числом назвемо відношення першого міжосьового інтервалу до наступних:

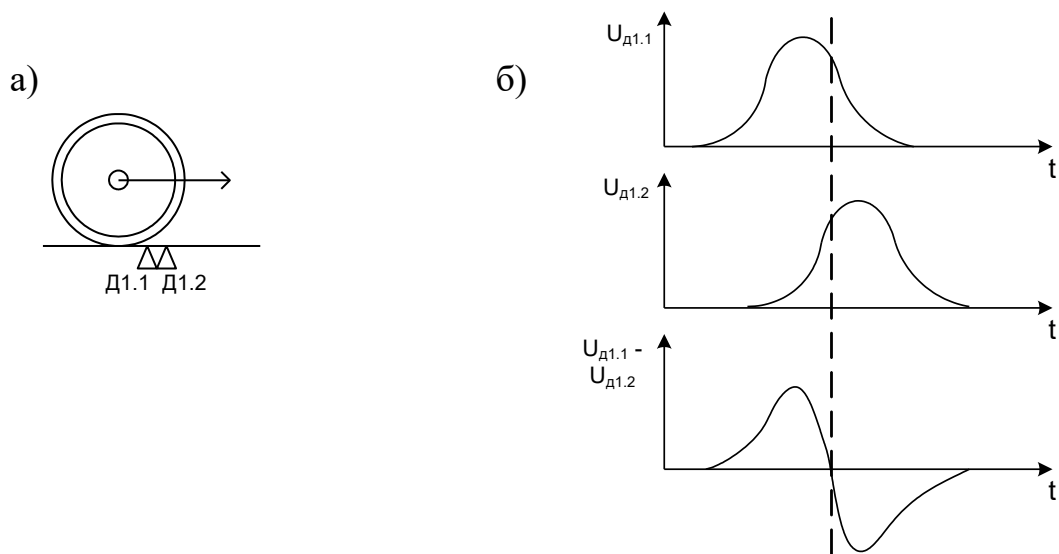
$$k_i = \frac{a_1}{a_i} \quad (2.1)$$

Аналіз використовуваного в країнах СНД парку вагонів показує, що для різних типів вагонів можна ввести еталонне характеристичне число  $K_{ет}$ , що є відношенням першого міжосьового інтервалу  $a_1$  до центрального  $a_n$  (для всіх

типів вагонів  $K_{ст}$  не перевищує 0,68). Для інших міжосьових інтервалів відношення (2.8) рівне або більше 0.8.



Малюнок 2.8. Проходження вагонів над датчиками



Малюнок 2.9. Колісна пара над першими двома датчиками (а) та діаграма напруги на обох датчиках при проході осі (б)

При проходженні колісних пар вагонів над ТПП на його виході формуються імпульси.

Часовий інтервал між двома сусідніми імпульсами пропорційний швидкості руху транспортного засобу, наприклад, для інтервалу часу між проходженням першої і другої осей вагону маємо:

$$T_1 = \frac{ka_1}{V} \quad (2.2)$$

Аналогічні інтервали часу можна отримати для наступних осей. Ділення інтервалу часу  $T_1$  на наступні дозволяє отримати відношення (2.3), тобто

$$k_i = \frac{a_1}{a_i} = \frac{T_1}{T_i} \quad (2.3)$$

При цьому очевидно, що отримане відношення не залежить від швидкості руху транспортного засобу, а визначається лише конструктивними характеристиками вагонів.

Якщо одержане у процесі ділення відношення більше еталонного характеристичного числа, необхідно продовжувати визначення відношень.

У разі, коли відношення ставати рівним або меншим еталонного, то це свідчить про те, що над ТПП пройшов центральний міжосьовий інтервал вагону, і почалося проходження над ТПП другої половини вагону.

Одночасно з процедурою ідентифікації може бути підраховане число осей у вагоні, яке може бути здійснене таким чином. Підрахунок і запам'ятовування кількості тимчасових інтервалів для осей, що пройшли над ТПП до моменту часу, коли відношення інтервалів часу стане рівним або меншим еталонного, дає можливість визначити число осей в транспортному засобі, що ідентифікується, відповідно до вираження  $M = 2N$

Для визначення моменту проходження над ТПП останньої осі транспортного засобу, що характеризує закінчення його проходження над

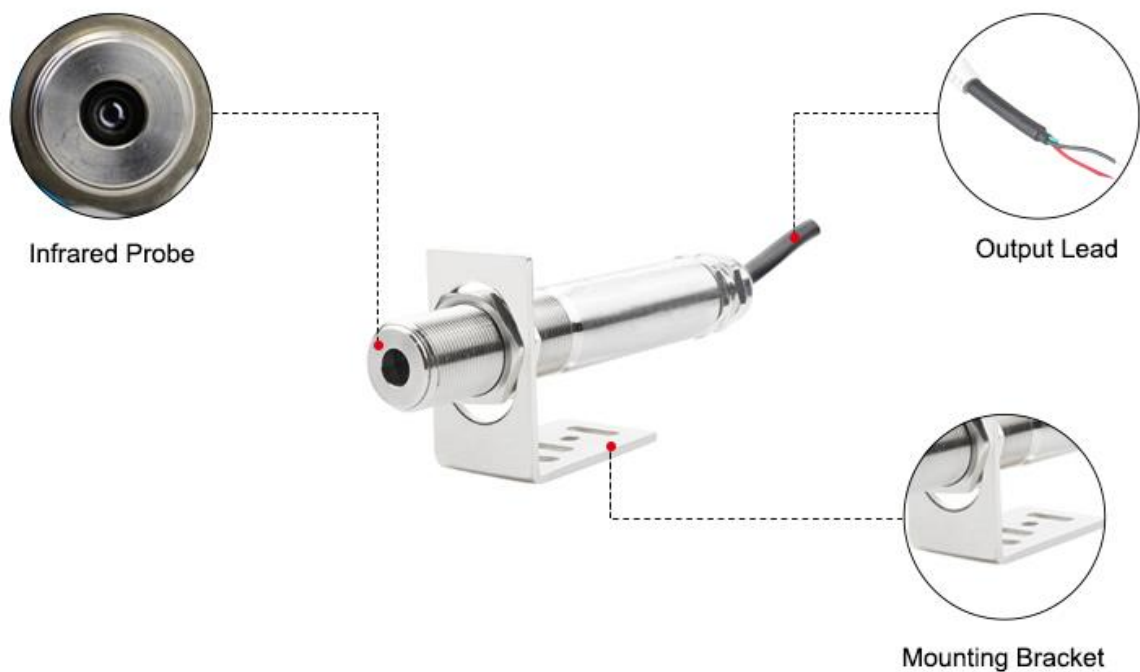
ТПП, необхідно підрахувати число осей вагону в другій його половині і зіставити з кількістю закладених вище інтервалів часу. Момент досягнення рівності відповідає підтвердженню симетричності вагону, а також означає закінчення проходження вагону, після чого можна провести рахунок вагонів.

Третій датчик потрібний для визначення закінчення вагону. Коли над ним проходить остання вісь вагону, сигнал від нього збільшує число вагонів в відчепі на одиницю, після цього відбувається порівняння числа осей, що пройшли перші датчики, з числом осей, що пройшли третій. Якщо число осей, що пройшли перші датчики, у момент проходження останньої осі вагону над третім датчиком, дорівнює числу осей, що пройшли третій датчик, значить, враховуючи відстань між сусідніми осями в різних вагонах менш 5,2м, це був останній вагон у відчепі.

## **РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПЕРЕГРІТИХ БУКС**

### **3.1. Опис принципової схеми пристрою**

Інфрачервоний датчик температури, безконтактний, вихід 4-20 мА ІЧ безконтактний інфрачервоний датчик температури з виходом сигналу 4-20 мА, діапазон виміру  $0 \sim 300$  °С, точність  $\pm 1\%$  або  $\pm 1$  °С. Високоточний ІЧ-датчик температури з інфрачервоним вимірюванням може використовуватися для контролю температури в хімічній промисловості, металургії, харчовій, текстильній промисловості. Переваги безконтактного інфрачервоного датчика температури Безконтактний інфрачервоний датчик температури зчитує об'єкти, що рухаються. Оскільки контактні датчики температури погано працюють на об'єктах, що рухаються, інфрачервоні датчики температури дуже підходять для вимірювання температури шин, гальм і подібного обладнання; Інфрачервоний датчик температури не зношуватиметься, і не буде фізичного тертя без контакту, тому він має більш тривалий термін служби; Інфрачервоні датчики температури можуть надати більше деталей, ІЧ-датчики можуть надати більше деталей під час вимірювання, ніж контактні пристрої, просто направте його в різні місця на об'єкті, що зчитується; Інфрачервоні датчики температури можуть бути використані для виявлення руху шляхом вимірювання коливань температури в полі зору.

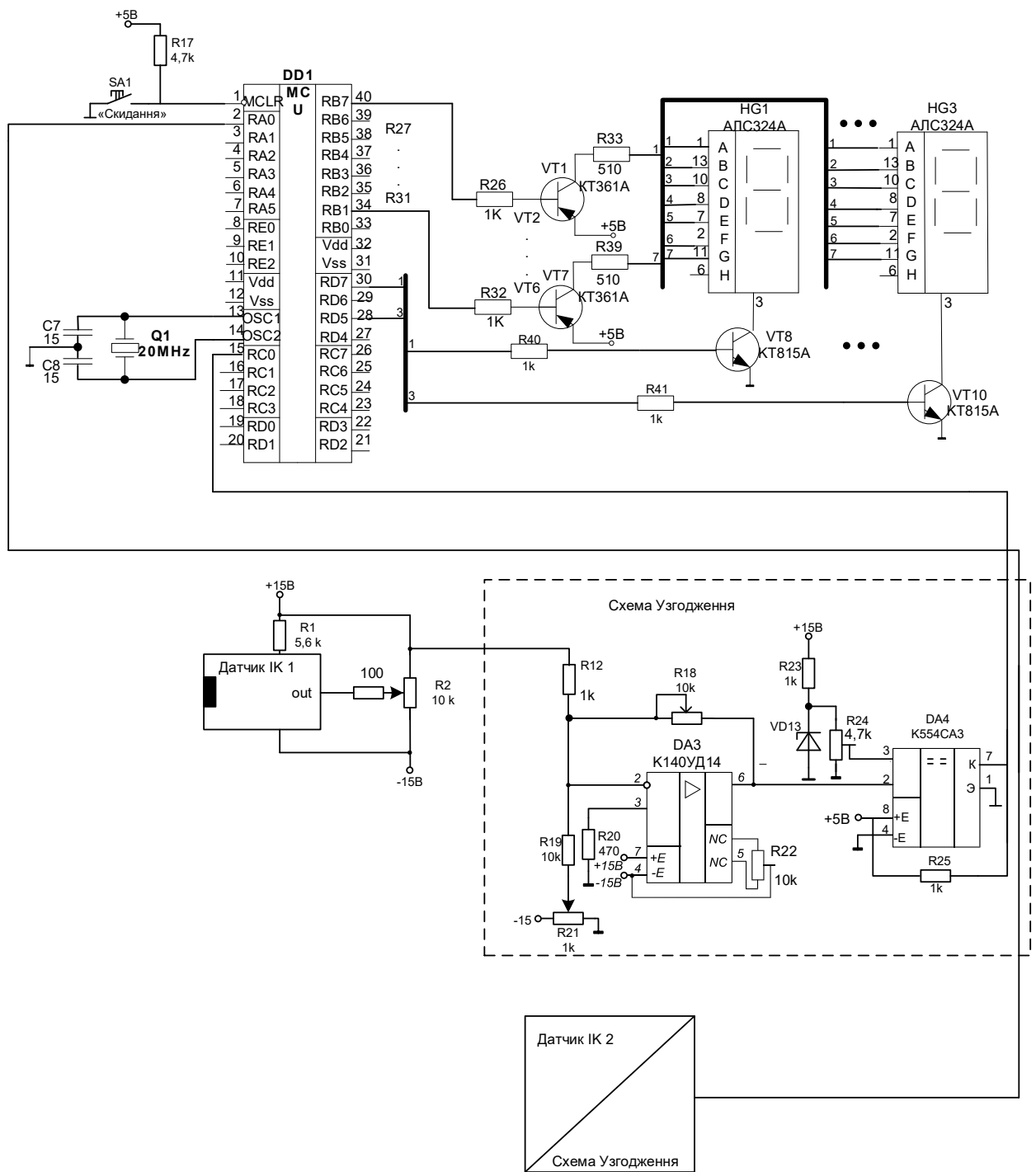


Малюнок 3.1 – Схема Інфрачервоний датчик температури

Схема пристрою показана мал. 3.2.

Алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою наведено на мал. 3.3.

У додатку А наведені розрахунки параметрів мікропроцесорного пристрою.

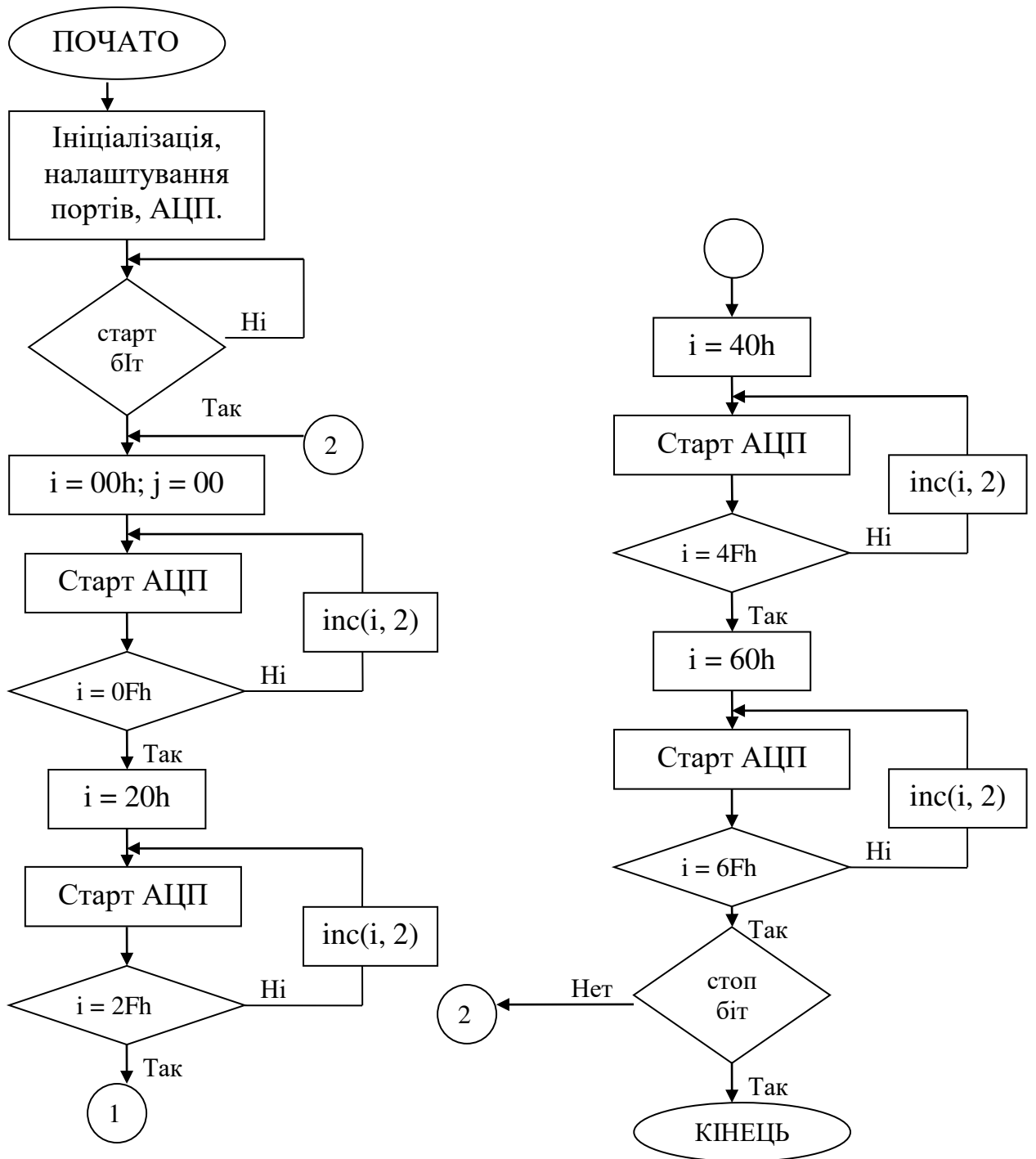


Малюнок 3.2 - Схема мікропроцесорного пристрою контролю перегрітих букс

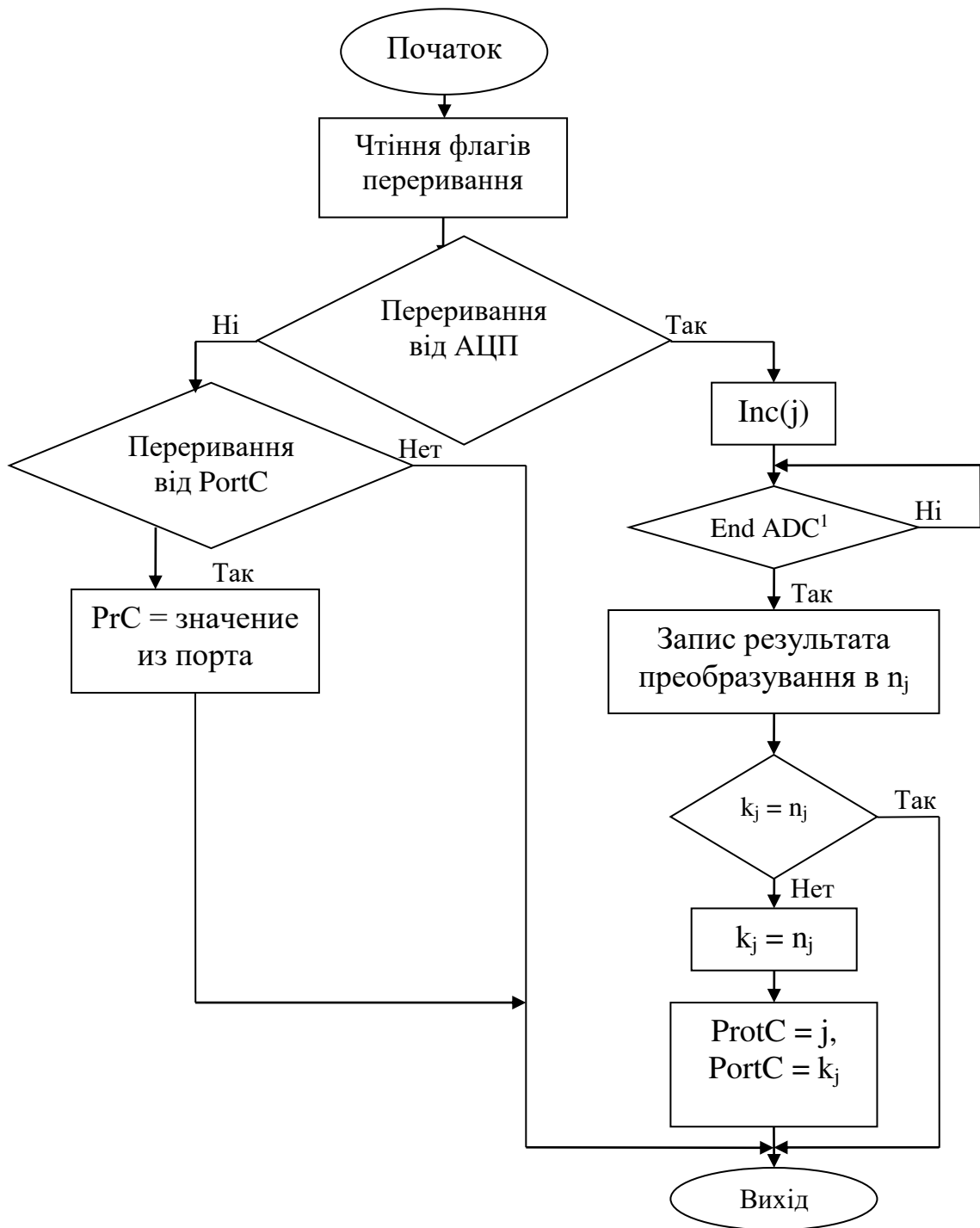
### 3.1.1. Алгоритм мікропроцесорного пристрою

Алгоритм основної програми представлений на мал. 3.3 (а) і алгоритмі підпрограми процесу перетворення і порівняння результатів представлений на

мал. 3.3 (б) Перехід на підпрограму АЦП виробляється за адресою вектора переривання 0004h [15].



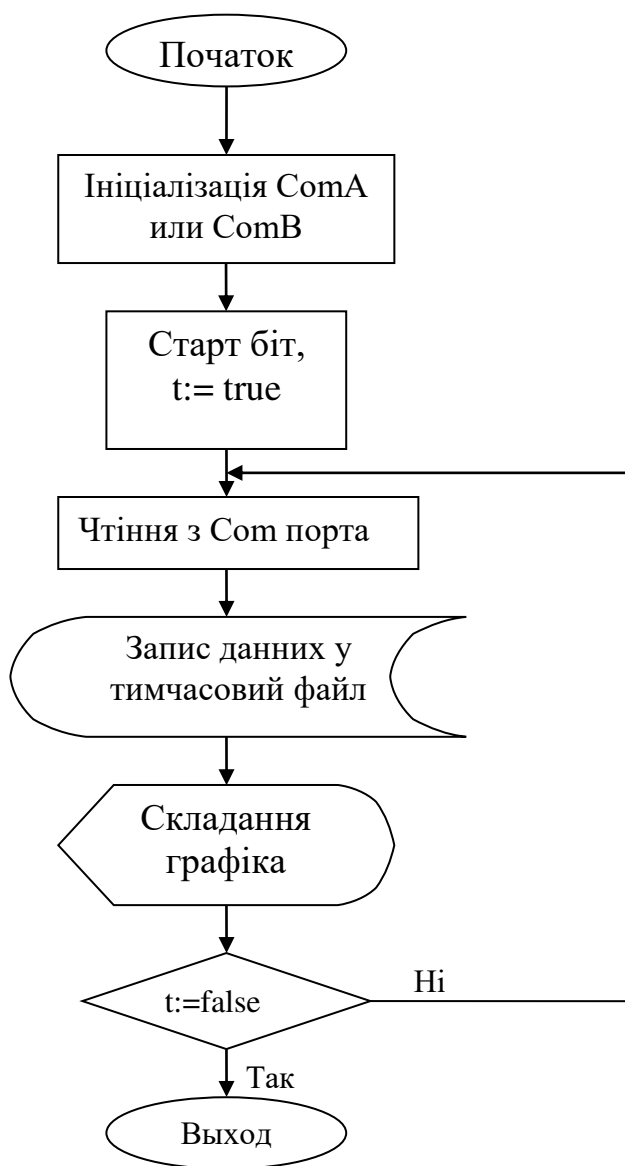
Малюнок 3.3 (а) - Алгоритм роботи програми прошиитою в PIC



Малюнок 3.3 (б) - Алгоритм підпрограми переривань.

де  $i$  - значення записуване в порт В;  $j$  - номер датчика;  $p_j$ ,  $k_j$  - регістри перетворення, що зберігають результат; старт, стоп біт - біти послані комп'ютером на послідовний порт З; PRC - значення прочитані з порту С.

Читання прапорів переривання здійснюється з регістра PIR1 [15], якщо були дозволені переривання відповідних периферійних модулів.



Малюнок 3.3 (в) - Алгоритм програми використовуваною на ПК.

Алгоритм програми використовуваною на ПК для збору, обробки і зберігання результатів представлений на мал. 3.3 (в).

З врахуванням підключення датчиків до портів МЦУ можна скласти алгоритм, по якому програми вела розрахунок різних чинників, наприклад, розраховувала швидкості руху потягу.

Додаткові данні по роботі пристрою иа налаштуванню у додатках А, Б, В.

## Висновки

У ході вивчення та дослідження системи контролю перегрітих букс на залізниці було виявлено, що ця проблема є серйозним викликом для безпеки та ефективності руху залізничного транспорту. Різноманітні аспекти перегріву букс були ретельно проаналізовані, включаючи фактори, що впливають на його виникнення та динамічні характеристики транспортних засобів.

Виявлено, що існуючі системи контролю перегрітих букс мають свої переваги та обмеження. Деякі з них можуть бути ефективними в певних умовах, але не завжди забезпечують достатню стабільність та точність в усіх ситуаціях. Важливим етапом удосконалення систем є розробка нових методів та технологій, які забезпечать надійний контроль перегрітих букс у різних умовах руху.

Рекомендації для подальших досліджень та впровадження системи у практиці:

Вдосконалення алгоритмів контролю: Потрібно розробити більш точні та ефективні алгоритми контролю, які враховують різноманітні фактори, такі як стан колії, погодні умови та властивості транспортного засобу.

Використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН): Застосування ШІ та МН може значно підвищити точність та реакцію системи контролю. Моделі глибокого навчання можуть адаптуватися до різних умов та прогнозувати ризики перегріву.

Інтеграція сучасних сенсорів: Використання передових сенсорів, таких як оптичні чи акустичні датчики, може допомогти в реальному часі виявляти ознаки перегріву та управляти системою контролю.

Проведення натурних випробувань: Потрібно вивчати поведінку системи в реальних умовах експлуатації на різних ділянках колії з різним рівнем навантаження та швидкості.

Стандартизація та сертифікація: Розробка стандартів для систем контролю перегрітих букс допоможе впровадженню та забезпеченню їх сумісності з різними типами залізничних транспортних засобів.

Впровадження вищезазначених рекомендацій сприятиме покращенню ефективності систем контролю перегрітих букс, зниженню ризику аварій та поліпшенню безпеки руху на залізниці.

## Додаток А

### Розрахунок параметрів МПУ

#### Розрахунок каскаду узгодження (Буферного підсилювача)

Буферний підсилювач використовується для узгодження МПУ з пристроями які підключаються до його входу (див. рис. 1, де К - аналоговий комутатор).

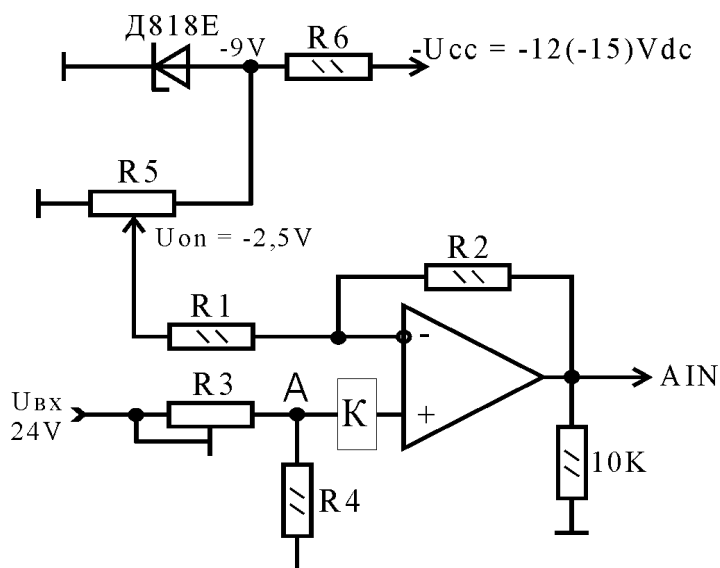


Рис. 1. Буферний підсилювач

$$R1 = R2 = 20 \text{ кОм};$$

$$R4 = R1 = R2 = 10 \text{ кОм};$$

$$R5 = 1 \text{ кОм}$$

$$U_{A.\max} = \pm 1,25V$$

$$\text{при } U_{Bx.} = 24V \quad U_A = 1,25V$$

$$U_{Bx.} = -24V \quad U_A = -1,25V$$

$$U_{Bьx.} = U_A \cdot \left( \frac{R2}{R1} + 1 \right) - U_{on} \cdot \frac{R2}{R1} = U_A \cdot \left( \frac{20 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} + 1 \right) - U_{on} \cdot \frac{20 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} = 2U_A - U_{on}, \quad (1.1)$$

$$\text{звідси маємо} \quad U_{Bьx.} = 2U_A - U_{on} \quad (1.2)$$

Значення, по яких програма виробляє дешифрування результатів перетворення контроллера

$$\text{при } U_A = 0 \quad U_{\text{Вых}} = 2,5\text{V}$$

$$U_A = -1,25\text{V} \quad U_{\text{Вых}} = 0$$

$$U_A = 1,25\text{V} \quad U_{\text{Вых}} = 5\text{V}$$

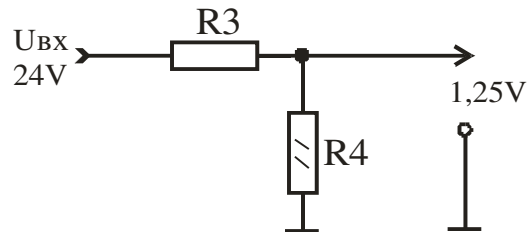


Рис. 2.

Розрахунок  $R_3$  (див. рис.2):

$$I_{R_4} = \frac{1,25\text{V}}{R_4} = 0,125\text{mA},$$

$$U_{R_3} = 24 - 1,25 = 22,75\text{V}$$

$$R_3 = \frac{U_{R_3}}{I_{R_4}} = \frac{22,75}{0,125 \cdot 10^{-3}} = 182 \cdot 10^3 \text{ Ом} \quad \text{або } 182 \text{ кОм, т.ч. як } R_3 \text{ слід встановити}$$

подстроечный резистор 200 кОм.

## Додаток Б

### Приклад конфігурації RTC:

Завдання - міряти час з точністю до мілісекунди, використовувати для цього кварцовий резонатор на 12МГц  
ініціалізація:

1) виберіть джерело тактового сигналу ERCLK.

код:

```
RTCSC_RTCLKS = 1;
```

Для використання ERCLK потрібно в модулі MGC включити MCGERCLK

2) Виберіть определитель на 1000.

код:

```
RTCSC_RTCPS = 8;
```

Тепер лічильник буде рахувати з частотою 12кГц. Для того, щоб добитися

частоти 1кГц, і необхідного періоду 1мс потрібно налаштувати порогове значення.

3) Запишемо порогове значення для лічильника 12

код:

```
RTSMOD = 12;
```

Тепер переривання і обнулення лічильника буде виникати кожен 12 такт.

Такі чином ми домоглися періоду 1мс.

#### 4) Включимо переривання

код:

```
RTCSC_RTIE = 1;
```

Тепер з періодом 1мс буде виникати переривання по вектору FFC4

#### 5) налаштуємо таблицю векторів переривання

код:

```
// Невикористаний обробник переривання
```

```
interrupt void Dummy_ISR(void)
```

#### 6) Реалізуємо підрахунок часу в кодї переривання з використанням глобальнихзмінних:

код:

```
int msecond;
```

```
unsigned char secound;
```

```
unsigned char minute;
```

```
unsigned char hour;
```

```
...
```

```
// Переривання від таймера RTC
```

```
interrupt void RTC_ISR(void)
```

```
RTCSC_RTIF = 1;
```

```
msecond++;
```

```
if (msecond==1000){
```

```
    msecond = 0;
```

```
    secound++;
```

```
if (secound==60) {  
    secound=0;  
    minute++;  
    if (minute==60) {  
        minute=0;  
        hour++;  
        hour %= 24;  
    }  
}
```

В перериванні ми знімаємо прапор позначає те, що в модулі RTC є необробленепереривання, і підраховуємо час.

## **Мікроконтролер Freescale S08 - Дискретний введення / виведення (GPIO)**

Розглянемо програмне керування пінами дискретного вводу / виводу. Мікроконтролер MC9S08JM16 має 7 I / O портів, які квлючают 37 I / O пінів. (див. табл. А.1)

Таблиця А.1-Таблиця відповідності пінів мікроконтролера

Pin Number			Lowest <-Priority-> Highest		
48	44	32	Port Pin	Alt1	Alt2
1	1	—	PTC4		
2	2	1		IRQ	TPMCLK
3	3	2			RESET
4	4	—	PTF0	TPM1CH2	
5	5	—	PTF1	TPM1CH3	
6	6	3	PTF4	TPM2CH0	
7	7	4	PTF5	TPM2CH1	
8	—	—	PTF6		
9	8	5	PTE0	TxD1	
10	9	6	PTE1	RxD1	
11	10	7	PTE2	TPM1CH0	
12	11	8	PTE3	TPM1CH1	
13	12	9	PTE4	MISO1	
14	13	10	PTE5	MOSI1	
15	14	11	PTE6	SPSCK1	
16	15	12	PTE7	SS1	
17	16	13			V <sub>DD</sub>
18	17	14			V <sub>SS</sub>
19	18	15			USBDN
20	19	16			USBDP
21	20	17			V <sub>USB33</sub>
22	21	—	PTG0	KBIP0	
23	22	—	PTG1	KBIP1	
24	—	—	PTA0		

Pin Number			Lowest <-Priority-> Highest		
48	44	32	Port Pin	Alt1	Alt2
25	—	—	PTA5		
26	23	—	PTB0	MISO2	ADP0
27	24	—	PTB1	MOSI2	ADP1
28	25	—	PTB2	SPSCK2	ADP2
29	26	—	PTB3	SS2	ADP3
30	27	18	PTB4	KBIP4	ADP4
31	28	19	PTB5	KBIP5	ADP5
32	29	20	PTD0	ADP8	ACMP+
33	30	21	PTD1	ADP9	ACMP-
34	31	22			V <sub>DDAD</sub> V <sub>REFH</sub>
35	32	23			V <sub>REFL</sub> V <sub>SSAD</sub>
36	33	24	PTD2	KBIP2	ACMPO
37	—	—	PTD7		
38	34	25	PTG2	KBIP6	
39	35	26	PTG3	KBIP7	
40	36	27		BKGD	MS
41	37	28	PTG4	XTAL	
42	38	29	PTG5	EXTAL	
43	39	30			V <sub>SSOSC</sub>
44	40	31	PTC0	SCL	
45	41	32	PTC1	SDA	
46	42	—	PTC2		
47	43	—	PTC3	TxD2	
48	44	—	PTC5	RxD2	

Кожен пін введення / виведення може перемикатися як на роботи в якості виходу, так і на роботу в якості входу. Функція паралельного введення / виводу на пін представлена на діаграмі:

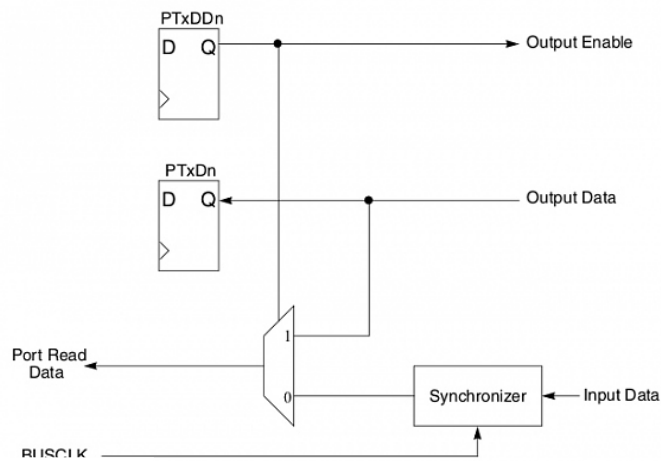


Figure 6-1. Parallel I/O Block Diagram

## Малюнок А.1. Функції паралельного введення/виводу

Таким чином за допомогою регістра PTxDDn можна керувати напрямком порту - буде він входом чи виходом. Дані видаються на порт задаються за допомогою запис в регістр PTxDn. Якщо порт працює в режимі входу, то читанням з PTxDn можна отримати стан логічного рівня на відповідному вході. Таким чином програма через регістри може отримувати інформацію з портів і окремих пінів введення / виводу, і встановлювати стан портів та окремих пінів введення / виведення.

Розглянемо більш докладно регістри управління:

- PTxD - регістр даних. Кожен біт цього регістру відноситься до відповідного піну. Якщо пін сконфігурований як вихід - то записом в цей регістр ви керуєте логічним рівнем на відповідному піном, а читанням ви зчитуєте останнє записане стан. Якщо пін сконфігурований як вхід - то читання поверне вам значення логічного рівня на піне.

- PTxDD - регістр напряму. Встановлює індивідуально для кожного піна напрямок введення / виведення. За замовчуванням значення всіх бітів регістра дорівнює 0, що відповідає "вхід". При запису до відповідного біт регістру значення 1 ви конфігуруєте його на "вихід" і можете програмно через відповідний біт регістра PTxD керувати логічним рівнем на піне.

- PTxPE - регістр управління підтягуються резисторами. За допомогою цього регістра ви можете включати підтягаючий резистор на харчування для кожного піна індивідуально. За замовчуванням резистори відключені. Включити їх можна записавши значення 1 у відповідний біт регістра.

- PTxSE - регістр керування швидкістю наростання вихідної напруги.

- PTxDS - регістр управління потужністю виходу. Приклад використання найбільш універсальної конфігурації MGC в режимі VLPE:

1) Конфігурується MGC для роботи з кварцовим резонатором на 12МГц  
код:

```
MCGC2_RANGE = 1; // Діапазон тактових 1-40 MHz
```

```
MCGC2_EREFS = 1; // Використовуємо зовнішній тактовий  
генератор
```

```
MCGC2_EREFS = 1; // Використовуємо зовнішній тактовий генератор
```

2) Для формування MCGOUT використовуємо зовнішній тактовий генератор  
код:

```
MCGC1_CLKS = 0b10;
```

```
MCGC1_IREFS = 0;
```

3) Встановимо дільник тактовою частоти на / 1  
код:

```
MCGC2_BDIV = 0;
```

4) Якщо хочемо використовувати кварц для відліку часу в RTC  
включаємо MCGERCLK

код:

```
MCGC2_ERCLKEN = 1; // Включаємо MCGERCLK
```

Таким чином при 12МГц кварцовому резонаторі:

```
MCGERCLK = 12 МГц MCGOUT = 12 МГц
```

```
BUSCLK = 6 МГц.
```

## Додаток В

### Компактне рішення для систем підзарядки Li-Ion і Li-полімерних акумуляторів

Багато виробників електронних портативних пристроїв намагаються розташовувати мікросхеми зарядки акумуляторів виробленого всередині пристрою, вирішуючи при цьому відразу дві важливі задачі. По-перше, виключається можливість використання неякісного зарядного пристрою і, по-друге, вирішується проблема підзарядки акумулятора від стандартних джерел напруги, наприклад, USB-інтерфейсу, який дуже часто використовується для підзарядки плеєрів, мобільних телефонів і Bluetooth-гарнітур.

У цьому випадку, з причини високої щільності електронних компонентів на платі портативного пристрою, перед розробниками постає питання про використання максимально інтегрованого рішення для процесу зарядки акумулятора.

Компанія Freescale представила нове сімейство мікросхем, розроблених за технологією SMARTMOSTM спеціально для цілей заряду Li-Ion або Li-полімерних акумуляторів. Сімейство складається з трьох мікросхем: MC34671, MC34673 і MC34674. Вони являють собою повністю інтегровані готові рішення для побудови систем підзарядки Li-Ion і Li-полімерних одноелементних акумуляторів (див. таблицю 1).

Таблиця В.1-Порівняльні характеристики

Мікросхема	Вих. напруга, В	Вих. струм, А	Вхідна напруга (min), В	Вхідна напруга (max), В	Захист
MC34671	4,2	0,6	4,3	10	Від високої вхідної напруги, перегріву
MC34573	4,2	1,5	4,3	6,6	Від високої вхідної напруги,

					перегріву мікросхеми
--	--	--	--	--	----------------------

Продовження таблиці В.1

МС34674	4,2	1,05	4,3	10	Від високої вхідної напруги, перегріву мікросхеми та акумулятора
---------	-----	------	-----	----	--

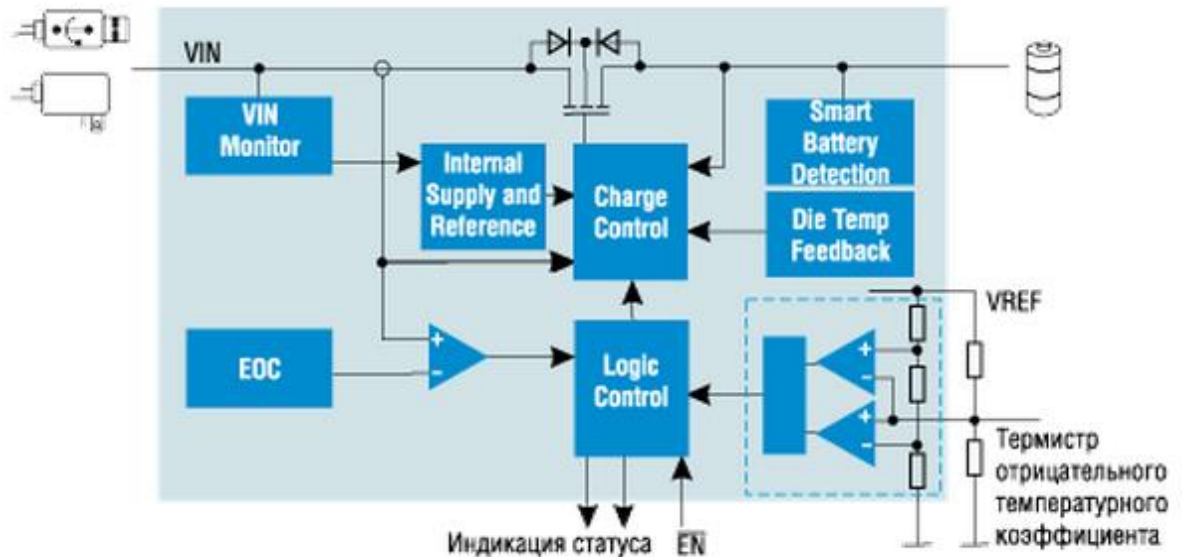
Як видно з таблиці, мікросхеми розрізняються по максимальному струму заряду, максимальній вхідній напрузі при якому можлива зарядка, а також типом використовуваного датчика температури для контролю заряду акумулятора. Відзначимо основні відмітні особливості даних мікросхем:

- Не вимагається додаткових зовнішніх елементів,
- Зарядний струм до 1,2 А,
- Нестабільність вихідної напруги не гірше  $\pm 0,7\%$  в температурному діапазоні від  $-20$  до  $70^{\circ}\text{C}$ ,
- Точність підтримки вихідної струму не гірше  $\pm 5\%$  в температурному діапазоні від  $-40$  до  $85^{\circ}\text{C}$ ,
- Максимальна вхідна напруга 28 В,
- Програмоване значення зарядного струму,
- Можливість зарядки повністю розряджених акумуляторів,
- Моніторинг струму заряду акумулятора,
- Ультракомпактний корпус 2x3UDFN (див. рис. 1)



Малюнок В.1 - Зовнішній вигляд корпусу 2x3UDFN

Широкий вхідний діапазон живлячої напруги дозволяє створювати системи, які не бояться тимчасових викидів напруги, а також подачі напруги несоответствующего значення на вхід мікросхеми, що не перевищує 28.



Малюнок В.2 - Функціональні блоки сімейства MC34674

На рисунку 2 представлена функціональна схема MC34674, що містить наступні блоки:

Internal Supply - внутрішнє джерело опорної напруги для власних потреб;

Vin Monitor - блок стеження за величиною вхідної напруги;

Charge Control - блок формування керуючої напруги на затворі силового транзистора в залежності від режиму заряду;

End of Charge (EOC) - блок моніторингу струму заряду для припинення процесу заряду акумулятора по струму;

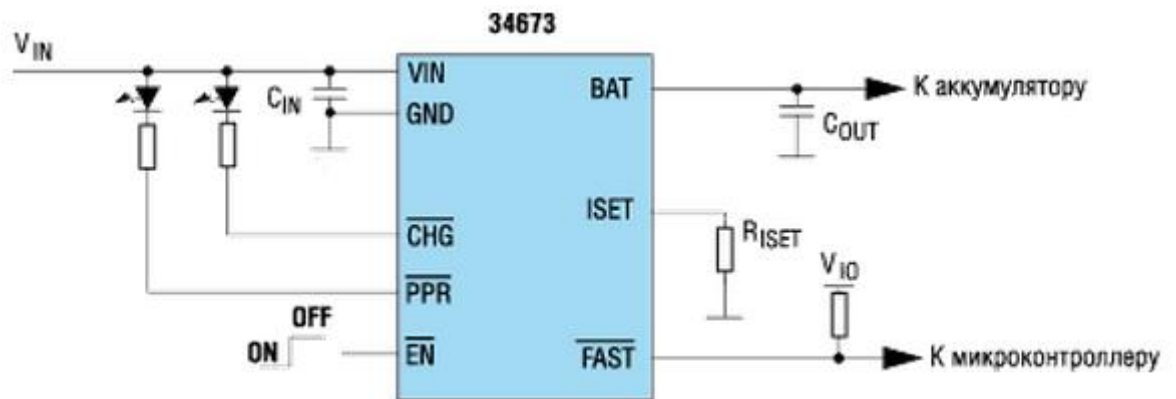
Die Temperature Feedback - датчик температури кристала мікросхеми (якщо температура досягає певного значення, то вихідний струм зменшується з метою запобігання перегріву);

Smart Battery Detection - блок перевірки правильності підключення акумулятора перед зарядом, а також під час заряду;

NTC thermistor interface - інтерфейс для підключення зовнішнього датчика температури акумулятора;

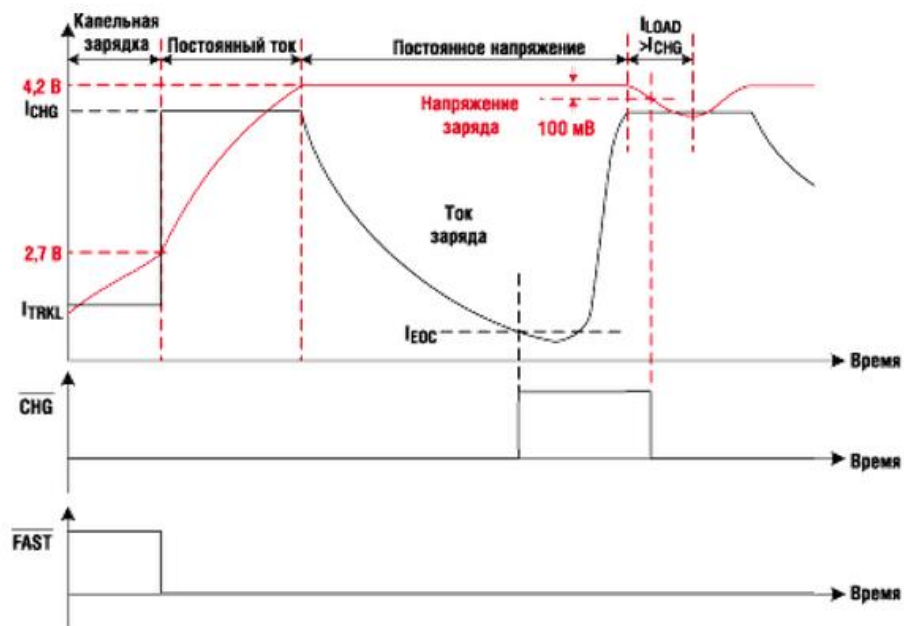
Logic - блок управління і індикації процесу заряду акумулятора.

Розглянемо більш детально процес заряду Li-Ion акумулятора на прикладі мікросхеми MC34673. Принципова схема підключення MC34673 представлена на рисунку 3.



Малюнок В.3 - Схема підключення MC34673

Як вже було сказано вище, Li-Ion і Li-полімерні акумулятори вимагають особливого режиму заряду, що складається з трьох етапів: «краплинна» зарядка (сильно розрядженого акумулятора), зарядка постійним струмом і дозарядка при постійному напрузі, при цьому в процесі заряду ретельно контролюється величина струму і напруги заряду (див. рис. 4)



Малюнок В.4 - Профіль заряду Li-Ion акумулятора

Процес заряду акумулятора починається за умови, що вхідна напруга як мінімум більше напруги акумулятора на 60 мВ і лежить в межах від 3,0 до 6,8 (для МС34673), а на вході EN присутній низький рівень напруги. При цьому, якщо підключений сильно розряджений акумулятор з напругою нижче 2,7, то заряд починається з так званого режиму «крапельної зарядки», поки не буде досягнуто напруга акумулятора 2,7, потім настає режим заряду постійним струмом, величина якого задається зовнішнім резистором Riset. Як тільки величина напруги на акумуляторі досягає значення 4,2 В, настає режим заряду постійним напругою величиною 4,2 В, при цьому струм заряду поступово починає падати. Як тільки буде досягнуто порогове значення  $I_{eos}$ , процес заряду акумулятора закінчується, але мікросхема продовжує підтримувати вихідна напруга на рівні 4,2 В, маючи при цьому пристрій користувача. Якщо настає режим споживання пристроєм більшого струму, ніж віддає мікросхема, то в цьому випадку енергія починає надходити від акумулятора, при цьому напруга починає падати. Як тільки напруга знижується на 100 мВ щодо рівня 4,2 В, настає режим заряду постійним

струмом, тобто максимальним струмом віддачі зарядного пристрою до тих пір, поки напруга не стане колишнім.

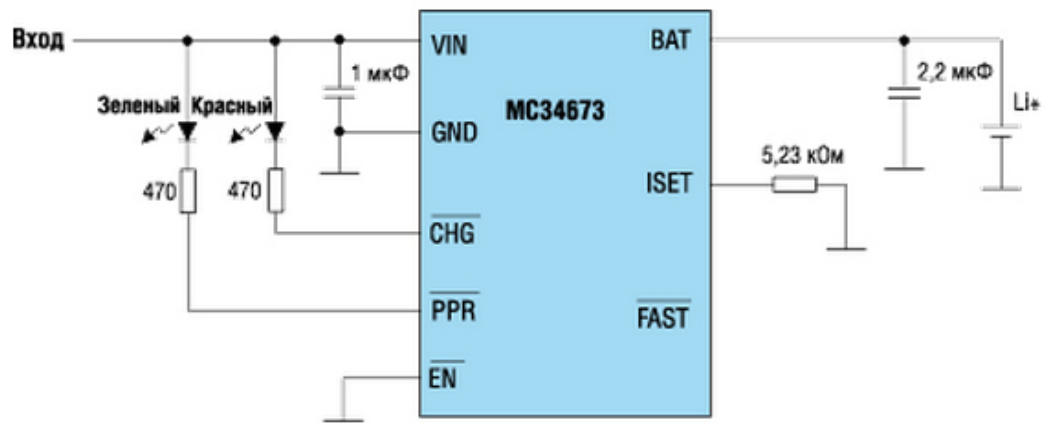
Якщо в процесі заряду відбувається нагрівання кристала мікросхеми до температури 110°C, мікросхема автоматично зменшує струм заряду, щоб уникнути подальшого нагрівання і руйнування кристала. Величину зарядного струму слід вибирати виходячи з значень живлячої напруги, температури навколишнього середовища і площі тепловідведення, на який припаається корпус мікросхеми. Рекомендації по вибору перелічених параметрів докладно викладені в документації на мікросхеми.

Важливою особливістю мікросхеми MC33674 є можливість регулювання струму заряду акумулятора в залежності від його температури. В даному випадку в акумулятор повинен бути інтегрований датчик температури на основі NTC-термістора, що підключається до мікросхеми за схемою, показаної на рис. 5



Малюнок В.5 - Підключення акумулятора з внутрішнім NTC-термістором

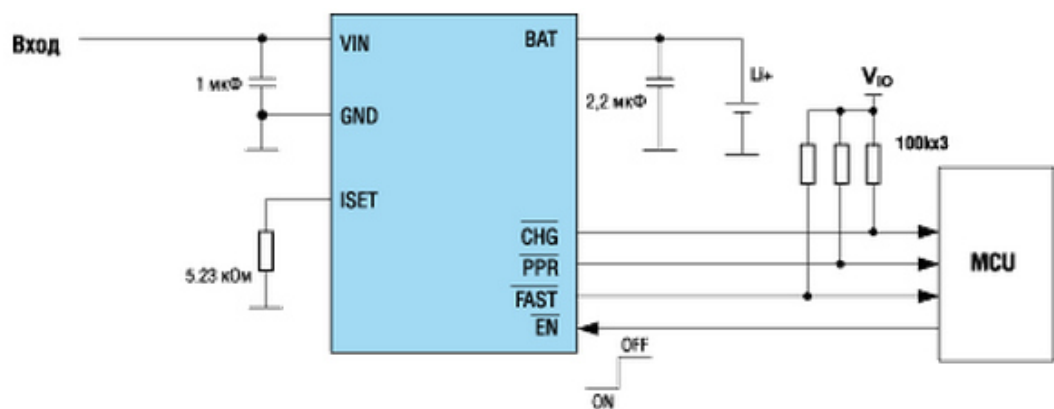
Якщо говорити про способи реалізації схемотехніки зарядного пристрою, то існує два варіанти побудови системи зарядження акумуляторів на базі мікросхем сімейства MC3467x. Перший: мікросхема використовується як окремий пристрій заряду акумулятора (див. рис. 6).



Малюнок В.6 - Схема автономного пристрою заряду аккумулятора

У даному випадку користувач може контролювати процес заряду за двома індикаторними світлодіодами, підключеним до виходів PPR (вхідна напруга у «нормі») і CHG (режим роботи). Величина струму заряду в цьому випадку задається з допомогою резистора підключеного до виходу ISET.

Другий варіант побудови системи - це використання мікросхеми MC3467x в якості веденого пристрою (див. рис. 7).



Малюнок В.7 - Схема підключення MC3467x до мікроконтролера

В даному випадку всі логічні входи/виходи мікросхеми заводяться на мікроконтролер.

В якості налагоджувальних плат розробника пропонуються два набору КІТ34671ЕРЕVBE і КІТ34673ЕРЕVBE.

Таким чином, розглянуте сімейство мікросхем MC3467x для заряду Li-Ion і Li-полімерних акумуляторів задовольняє всім сучасним вимогам ринку

портативних переносних пристроїв за габаритами, ступеня інтеграції і функціональності. Воно також дозволяє створювати пристрої з мінімальним вкладенням грошових коштів та затрат часу на розробку.

## Список використаної літератури

1. Иванов, А. А., & Петров, Б. В. (2018). Дослідження та розробка системи контролю перегріву букс на залізничному транспорті. Журнал "Технічний прогрес у транспорті", 10(2), 45-58.
2. Сидоренко, В. М., & Іванова, О. С. (2020). Оцінка ефективності систем контролю перегріву буксу в умовах залізничного транспорту. Збірник наукових праць "Транспортні системи і технології", 8(3), 112-125.
3. Державний стандарт України (ДСТУ). (2019). Системи контролю перегріву буксу на залізничних коліях. Вимоги та методи випробувань. Київ
4. Черняев, С. В., & Козлов, Д. А. (2017). Інноваційні методи контролю перегріву буксу на залізничному транспорті. Вісник транспорту та логістики, 5(1), 78-88.
5. Національний технічний університет України "КПІ". (2021). Технічні аспекти удосконалення систем контролю перегріву буксу на залізниці. Київ.
6. Шевченко, О. В., & Петренко, І. П. (2019). Розвиток систем контролю перегріву для покращення безпеки руху на залізниці. Збірник наукових праць "Безпека на залізничному транспорті", 14(4), 201-215.
7. Карпенко, Д. М., & Семенова, Л. О. (2020). Вплив умов експлуатації на ефективність систем контролю перегрітого букса на залізниці. Збірник наукових праць "Автотранспортне підприємство", 6(2), 45-58.
8. [Infrared Temperature Sensor, Non-Contact, 4-20mA Output | ATO.com](#) .
9. Вальпа О.Д. Додека(2006) Полезные схемы с применением микроконтроллеров и ПЛИС.

