

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної
та транспортної інфраструктури

Кафедра електричного транспорту

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ СПРАЦЮВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ
СИСТЕМИ РУХОМОГО СКЛАДУ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувачка:

Діана МЕЛЬНИК
гр. ЕТ 2022-1

Керівник:

Надія КУЛЬБАШНА
доц., к.т.н.

Харків – 2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О. М. Бекетова

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра електричного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТ

 М. В. Хворост

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Мельник Діана Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема «Розробка пристрою для визначення ефективності спрацювання гальмівної системи рухомого складу»

керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи Кульбашна Надія Іванівна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету №440-03 від 22.05.2026

2. Строк подання здобувачем роботи 15.06.26

3. Вихідні дані до роботи: 1. Патентні дані. 2. Пристрої і моделі оцінювання працездатності гальмівних систем

4. Зміст бакалаврської кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Головні аспекти оцінювання працездатності систем гальмування.

1.1. Аналіз технологій оцінювання працездатності гальмівних систем.

1.2 Параметри оцінювання працездатності гальмівних систем рухомого складу. 1.3. Перерозподіл гальмівних сил і виникнення нахильючого моменту.

2. Розроблення пристрою оцінки гальмування за величиною перевантаження. 2.1. Електроконтактні давачі. 2.2. Конструкція запропонованого пристрою. 2.3. Принцип дії пристрою.

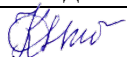

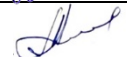
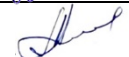


3. Розрахунок перевантаження під час гальмування транспортного засобу. 3.1. Методи розрахунку. 3.2. Розрахунок за обраною методикою.

4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Титульний лист. 2. Склад графічного матеріалу. 4. Параметри оцінювання працездатності гальмівних систем рухомого складу 5. Структурна схема пристрою визначення ефективності спрацювання гальмівної системи тролейбуса. 6. Конструкція вібраційного давача. 7. Схема електроконтактного давача і обчислювача вихідних сигналів. 8. Схема блоку визначення довжини гальмівного шляху тролейбуса. 9. Схема блоку, що забезпечує збереження і передачі інформації про стан. 10. Висновки

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної роботи

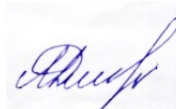
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	доц. Кульбашна Н. І.		
Охорона праці та БНС	доц. Мороз М. О.		
Антиплагіат	інж. Левченко В. В.		
Нормоконтроль	доц. Шавкун В. М.		

7. Дата видачі завдання 9.04.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Головні аспекти оцінювання працездатності систем гальмування	до 18.04.26	
2	Аналіз електроконтактних давачів	до 25.05.26	
3	Розробка конструкції вібраційного давача	до 26. 05.26	
4	Розробка пристрою визначення гальмівного перевантаження	до 3. 06.26	
4.	Розробка заходів з охорони праці	до 7. 06.26	
6.	Оформлення паперового та електронного	до 12. 06.26	
7.	Підготовка доповіді та презентації	до 15. 06.26	

Здобувач



Діана МЕЛЬНИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи



Надія КУЛЬБАШНА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У першому розділі проаналізовані засоби оцінювання ефективності спрацювання гальмівних пристроїв, параметрів і моделей оцінювання ефективності спрацювання гальмівних систем.

У другому розділі запропонований пристрій, який дає змогу визначити ефективність спрацювання гальмівної системи тролейбусу із застосуванням електроконтактного давача, для цього розглянуті можливості цих давачів. Розглянуто принцип дії пристрою, за яким поточне значення гальмівного перевантаження і також напрямок його дії на початку гальмування визначають порівнянням заданих і фактичних значень швидкості руху тролейбусної машини, її маси та встановленого зусилля на педалі гальмівного приводу.

У третьому розділі проведено розрахунок гальмівного перевантаження.

У розділі «Охорона праці» розроблені організаційні і технічні заходи, що сприяють створенню нешкідливих і безпечних умов роботи водіїв тролейбусу на маршрутах.

Пояснювальна записка містить 53 аркуша, 14 формул, 30 використаних літературних джерела.

Презентація складається з 10 слайдів.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	6
1 ГОЛОВНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ГАЛЬМУВАННЯ	8
1.1 Аналіз технологій оцінювання працездатності гальмівних систем	8
1.2 Параметри оцінювання справності систем гальмування рухомого складу.....	11
1.3 Перерозподіл гальмівних сил і виникнення нахилиючого моменту.....	16
2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ГАЛЬМУВАННЯ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ	19
2.1 Аналіз електроконтактних давачів	19
2.2 Конструкція запропонованого пристрою.....	21
2.3 Принцип дії пристрою.....	27
3 РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ.....	34
3.1 Способи розрахунку перевантаження під час гальмування транспортного засобу.....	34
3.3 Встановлення значення перевантаження під час гальмування транспортного засобу	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	37
4.1 Вступ.....	37
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	38
4.3 Організаційно-технічні заходи з забезпечення безпеки.....	40
4.4 Висновки до розділу 4.....	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

ВСТУП

Аспекти роботи міського електротранспорту складаються у можливості збільшення обсягу перевезень пасажирів, покращення показників якості їх обслуговування та гарантування безпеки перевезень [1]. Досягти такого результату можливо у разі безперечного функціонування усіх систем рухомого складу, стан якого іноді не відповідає вимогам нормативних документів. Таке становища є результатом значного фізичного зношення об'єктів міського електротранспорту, оремо і рухомого складу. Виходячи з цього, підвищення рівня технічного облаштування засобів транспорту та зростання ефективності їхньої роботи є актуальним заходом [2].

На сьогодні найефективнішим залишається з погляду економічної та екологічної оцінки саме міський електротранспорт. Його послуги потрібні переважній частині мешканців міст. Однак сучасний економічний стан господарювання в цій сфері житлово-комунального господарства визначають як збитковий [3].

Проте міські влади великих міст України підтримують та забезпечують розвиток міського електротранспорту – розвивають інфраструктуру, розширюють енергогенеруючі підприємства, трамвайні і тролейбусні парки, вдосконалюють його обладнання.

Вважаючи на місію громадського транспорту виконувати соціальні функції і досягати якісного обслуговування в сучасному місті – все це домінує над потребами досягти економічних показників, тобто, актуальною є завдання мінімізації матеріальних та трудових витрат в сфері експлуатації у разі забезпечення заданого рівня технічного стану рухомого складу. Втрати, які виникають через низьку якість обслуговування пасажирів можна вважати достатньо значними. Ці витрати поділяють на економічні через запізнення на роботу, підвищення транспортної втомлюваності пасажирів, і морально-психологічні, що характеризують негативний вплив відмов на психологічний стан пасажирів, особливо в пікові години. Тому підвищення ефективності

системи управління технічним станом трамвайних вагонів і тролейбусних машин безперечно забезпечує безпеку, надійність і економічність їхньої експлуатації.

Безпека під час перевезень пасажирів залежить від надійності роботи головних та допоміжних систем гальмування міського електротранспорту. Враховуючи роботу трамваїв і тролейбусів в жорстких умовах експлуатації і потребою взаємодіяти з навколишнім середовищем, особливо з поверхнею котіння, значна кількість відказів і дорожньо-транспортних пригод створюється через несправність елементів гальмування. Враховуючи зазначені фактори, існує необхідність проведення діагностування шляхом підвищення надійності роботи і працездатності гальмівних систем.

Міністерство інфраструктури посилює вимоги до безпеки конструкції та технічного стану рухомого складу, вводячи змінювання до наказів, які обґрунтовують заходи проведення технічного моніторингу та обсягів перевірки технічного стану колісних транспортних засобів [4].

Тому метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розроблення пристрою для оцінювання працездатності гальмівної системи тролейбусної машини на підставі значення гальмівного перевантаження і забезпечення передачі інформації до центрального диспетчерського пункту

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати засоби контролю гальмівних параметрів рухомого складу.
2. Запропонувати пристрій працездатності і ефективності гальмівної системи тролейбусу на підставі явища «гальмівне перевантаження».
3. Провести розрахунок гальмівного перевантаження для тролейбусної машини.
4. Розглянути питання охорони праці.

1 ГОЛОВНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ГАЛЬМУВАННЯ

1.1 Аналіз технологій оцінювання працездатності гальмівних систем

Важливим завданням в експлуатації гальмівного устаткування рухомого складу виявити непрацездатність на більш ранніх стадіях відмови. Вирішують це питання впровадженням технічного діагностування, що є невід'ємною частиною системи обслуговування та ремонту рухомого складу на підприємстві.

В сучасних умовах практично не застосовують візуальну і тактильну оцінку несправностей через низьку надійність, малоефективність і значну кількість деталей та вузлів. Вирішення проблеми забезпечує автоматизація процесів встановлення різних технічних несправностей рухомого складу із застосуванням пристосувань, приладів і установок.

Розрізняють два головних методи моніторингу працездатності системи гальмування рухомого складу і його елементів [5, 7]: діагностування стендові й випробування дорожні.

Для випробувань дорожніх застосовують прямі горизонтальні ділянки дороги, яка характеризується високим коефіцієнтом зчеплення. В період гальмування водію приписується рухатися з незмінюваною траєкторію руху. Ефективність гальм у разі випробування дорожнього оцінюється за такими параметрами як: стале уповільнення, гальмівний шлях, час спрацьовування гальмівної системи.

Головні показники за нормативними вимогами щодо гальмівних характеристик визначають під час випробувань з повним завантаженням рухомого складу. Уповільнення РС в дорожніх випробуваннях вимірюють деселерометром. Переміщення визначають пропорційно значенню уповільнення.

Призначення деселерометр складається у фіксуванні максимального уповільнення. Деякі деселерометри мають функцію запису значень сповільнення, що дає змогу з уповільненням одночасно визначити і час спрацювання гальмівної системи. Деякі деселерометри обладнані сигналізацією, яка вмикається, якщо уповільнення дорівнює або стає більшим заданого. Дорожні випробування застосовують зазвичай під час прийому водієм рухомого складу перед виїздом на маршрут.

Однак дорожні випробувань мають недолік, пов'язаний з неможливістю отримання повної інформації про справність гальмів. Такі випробування не дають змоги встановити рівномірність спрацювання на різних колесах гальмівних механізмів. Відмінність на колесах однієї осі гальмівних сил вище норми під час випробування може не показати вихід за межі допустимих значень гальмівного шляху і уповільнення через наявність значної сумарної гальмівної сили і гарного зчеплення. Крім зазначеного, експлуатація на дорогах з гіршим зчепленням у разі гальмування РС може супроводжуватися втратою поперечної стійкості і збільшенням гальмівного шляху.

Стаціонарні випробування використовують спеціальні пристосування - стенди, на яких тестування гальмівних систем відбувається аналогічно гальмуванню на дорозі. Ролики або рухома платформа замінюють поверхню дороги, що важливо для оцінювання контакту колесами щодо реалізації гальмівної сили. Стендові випробування гальмівних систем рухомого складу використовують дві технології [5, 7-9]: інерційну і силову.

У разі використання інерційного підходу вимірювання параметрів загальної гальмівної системи виконують шляхом поглинання гальмівними механізмами кінетичної енергії обертових частин стенду або рушійного рухомого складу.

У разі використання силового підходу від стенду до загальмованого колеса прикладають силу, характер змінювання якої встановлює справність гальм. Цю силу створюють на стендах шляхом часткового прокручування

коліс приводами або електромеханічними, або пневматичними, або гідравлічними, а загальмуванням колеса РС на стендах з постійною частотою обертання використовують електродвигун через редуктор.

Стендовий підхід для випробування гальмівних механізмів проводиться і приміщенні депо, вимагає менших витрат часу й енергетичних ресурсів, володіє значною точністю, відтворюваністю та об'єктивністю результатів. Крім цього, цей підхід уможлиблює оцінку технічного стану гальмівного механізму окремого колеса, отримання параметрів таких випробувань.

Для випробувань гальмівних систем тролейбусних машин застосовують такі стенди: роликові інерційні; роликові силові; майданчикові інерційні; майданчикові силові.

Застосування стендових способів уможлиблює вимірювання гальмівних показників з високою точністю, імітування різних дорожніх умов, а також забезпечення безпеки випробувань, незначні витрати часу на діагностику.

Звісно, що найякіснішим діагностуванням стану гальм їхній контроль є протягом роботи на лінії. Цей факт доводиться такими міркуваннями. Не дивлячись на те, що обслуговування елементів гальмівної системи рухомого складу долучено до системи планово-попереджувальних ремонтів, така система не є економічно і технічно доцільною, виходячи з того, що робота рухомого складу різних маршрутів проходить в різних умовах експлуатації.

Вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонтів на базі автоматизованого збирання, систематизації, оброблення та аналізу інформації щодо технічного стану РС можливо тільки із застосуванням пристроїв технічного діагностування та обчислювальних пристроїв. Це уможлиблює підхід виконання ремонту кожного РС у відповідності технічного стану у визначений момент часу, що збільшує міжремонтний пробіг РС між термінами технічного обслуговування.

Якщо діагностування створюється автоматизовано, система накопичує в базі даних інформацію про різні несправності рухомого складу. Зіставляючи цю інформацію з умовами руху, з часом експлуатації рухомого складу, кількістю гальмування на тих або інших точках маршрутів можна отримувати дані про впливові на гальмування дорожні фактори. Отже накопичується база відповідних залежностей, що є фундаментом для розвитку досліджень, що пов'язані з удосконаленням оцінювання систем працездатності гальмування.

Запобігання відмов рухомого складу найбільш результативно досягається своєчасним виявленням втрати працездатності його елементів на найбільш ранніх стадіях розвитку. Своєчасне виявлення з подальшим усуненням несправності елемента/системи рухомого складу в експлуатації на маршрутах дає змогу попередити необоротні відмови, які закінчуються дорожньо-транспортними пригодами та серйозними аваріями. Отже, створюються можливості запобігти аваріям або знизити аварійність на маршрутах.

Оцінювання роботи гальмівних пристроїв на підставі автоматизованого діагностування на лінії уможливорює контроль роботи водіїв на маршруті щодо кількості виконуваних гальмувань, що іноді не відповідає раціональним режимам водіння на ділянках маршрутів і, як наслідок, перевищує витрати електроенергії під час експлуатації.

1.2 Параметри оцінювання працездатності гальмівних систем рухомого складу

Загальними для гальмівної системи є параметри: стале уповільнення, довжини гальмівного шляху, тривалість часу гальмування.

Залежність, що дає змогу визначити оптимальне співвідношення гальмівних сил на колісному транспортному засобі, з урахуванням умов

одночасного блокування всіх коліс, називають коефіцієнтом розподілу гальмівних сил, який визначають формулою:

$$\beta = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}}, \quad (1.1)$$

де P_{T1} , P_{T2} – сумарні гальмівні сили, що виникають відповідно на передній і задній осях, що забезпечує оптимальне співвідношення цих сил.

Параметр β залежить від зчепних умов з дорожнім покриттям і геометричних параметрів транспортного засобу, тому його можна обчислити за формулою

$$\beta_0 = \frac{\varphi_0 h_g + b}{L}, \quad (1.2)$$

де φ - коефіцієнт зчеплення коліс з опорною поверхнею;

h_g, b – координати центру мас;

L - база транспортного засобу.

У роботі [16] аналіз виразу визначення гальмівного шляху показує, що його значення є оберненим пропорційний сумі неврівноважених мас з квадратом кутової швидкості їхнього обертання:

$$S_T = \frac{mV_0^2}{2A(m_1 + m_2)\omega^2}, \quad (1.3)$$

де m_1, m_2 – неврівноважені маси;

V_0 – початкова швидкість гальмування;

A – коефіцієнт постійний;

ω – швидкість кутова неврівноважених мас, створювана інерційним рушієм.

Оцінка використовуваних приладів для ефективності гальмування важлива для факту справності гальмівної система рухомого складу з погляду можливих функцій, виконуваних цими пристроями. [3, 8–11]. Широковживаний термін «гальмівна ефективність» не має кількісного значення, а довжина гальмівного шляху, під якою найчастіше розуміють під цим поняттям, залежить від низки чинників: швидкості початку гальмування,

змінення траєкторії, виду застосовуваного режиму гальмування. Такі показники гальмівної здатності такі, як розрахунковий гальмівний коефіцієнт і питома значення гальмівної сили, надають не повну оцінку стану гальмівних систем.

В зв'язку з науковці розробляють різні моделі як для характеристики гальмівної системи загалом, так і окремих її елементів. Так автором у монографії [3] був розглянутий «інтегральний показник» – коефіцієнт використання зчеплення η_ψ , який можна оцінювати графічно (рис. 1.1) і за формулою як відношення площі залежностей змінювання сил опору руху та гальмівних сил до змінювання потенційних сил зчеплення колеса з рейкою:

$$\eta_\psi = \frac{\int_{t_1}^{t_2} (B_T(t) + W(t)) dt}{\int_{t_1}^{t_2} F_{\psi}(t) dt}, \quad (1.4)$$

де $B_T(t)$ – сила гальмівна колеса;

$W(t)$ – змінювання сили опору руху в часі;

$F_{\psi}(t)$ – змінювання потенційної сили зчеплення в часі;

t_1, t_2 – час початку процесу гальмування та його закінчення.

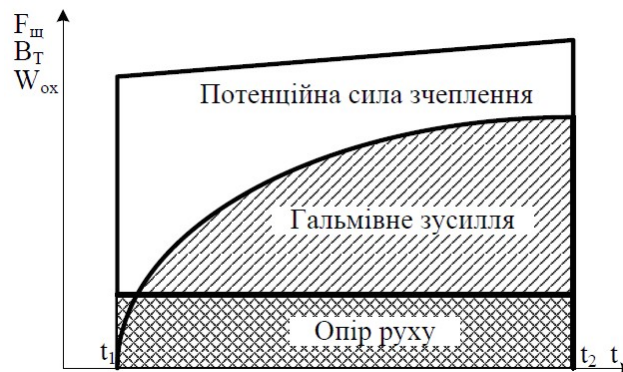


Рисунок 1.1 – Графічне визначення «інтегрального показника»

Значна низка науковців розглядала питання працездатності гальмівної системи за величиною теплової навантаженості гальмівних механізмів. Коли транспортний засіб під час гальмування рухається юзом, його значна частина кінетичної енергії гаситься завдяки тертю в гальмах, що супроводжується

збільшенням температури та нагрівання цих механізмів. Отже, може статися відказ гальм в експлуатації за причиною виникнення фітінгу. Водночас тут важливо, щоб під час проєктування гальмівних механізмів розробники мали можливість оцінювати за якимось параметром ефективність роботи гальм. Для цього використовують аналітичні залежності, які надають аналіз таких робочих параметрів як: змінювання в процесі гальмування температури поверхні гальмівних колодок, моменту тертя, тривалості і швидкості гальмування, а також поглинаючої потужності та гальмівного моменту залежно від теплофізичних і фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких виготовлена фрикційна пара, а також кінематичних і конструктивних параметрів гальма.

Для розрахунку тепло-технічних параметрів гальмівного механізму використовувалося значення частини роботи під час спрацювання гальмівних механізмів.

У разі короткочасного гальмування визначають середню температуру гальмівних механізмів, не враховуючи тепловіддачу до навколишнього середовища, можна визначити за такою моделлю проф. А. В. Чичинадзе [7]:

$$g^* = \frac{W_{T.П.} (1 - \alpha''_{T.П.}) b_1}{\lambda_1 A_{a1} t_T} \left[\frac{1}{3} \tau_N + \tau_W F_{01} \right], \quad (1.5)$$

де $W_{T.П.}$ – повна робота під час гальмування;

$\alpha''_{T.П.}$ – коефіцієнт розподілу тепловитоків;

A_{a1} – площа тертя номінальна;

t_T – час, протягом якого створюється гальмування;

$\lambda_{1,2}$ – коефіцієнт теплопровідності колодок;

τ_W, τ_N – часові параметри роботи і потужності;

F_{01} – число Фур'є фрикційних елементів.

Коефіцієнт розподілення тепловитоків у формулі (1.2) знаходять за залежністю:

$$\alpha_{T.П.}'' = 1 / \left[1 + \frac{b_1 \lambda_2}{b_2 \lambda_1} \left(\frac{\frac{1}{3} \tau_N + F_{O2} \tau_W}{\frac{1}{3} \tau_N + F_{O1} \tau_W} \right) \right], \quad (1.6)$$

де b_2 – товщина фрикційних накладок.

У зв'язку з цим модель формулою (1.6) потребує достатньо точно визначення повної роботи гальмування, що виконується гальмівним механізмом. Для визначення її необхідний розрахунок або замір величини гальмівної сили на диску і довжини смужки тертя гальмівного диска.

Що стосується визначення гальмівної сили, то вченими розроблено декілька підходів для цього. Відповідно до першої методики складають для загальмованого колеса відповідно його осі рівняння моментів [8]:

$$J_{\kappa} \frac{d\omega_{\kappa}}{dt} = M' - R_x r_{\partial} - R_z a_{ш} \quad (1.7)$$

де M – момент, що діє на колесо від гальмівного диска або полуосі.

Виражаючи з рівняння (1.4) знаходять момент, що утворюється на гальмівному диску як:

$$M' = J_{\kappa} \frac{d\omega_{\kappa}}{dt} + R_x r_{\partial} + R_z a_{ш} \quad (1.8)$$

Гальмівну силу для значення середнього діаметра гальмівного диску визначають так:

$$P_{\partialис} = \left(J_{\kappa} \frac{d\omega_{\kappa}}{dt} + R_x r_{\partial} + R_z a_{ш} \right) \frac{r_{\partialис}}{2} \quad (1.9)$$

Такий метод для розрахунку гальмівної сили утруднений через необхідність урахування плями контакту, що формулою (1.6) визначають параметри $a_{ш}$ і r_{∂} . Для спрощення приймають рівність r_{∂} радіусу навантаженого колеса r_c .

Методика оцінювання спрацювання гальмівної системи та пристрій для його реалізації на транспортному засобі запропонований роботою [8]. Його

принцип полягає у введенні еталонних значень перевантаження для n -ої кількості початкових умов створення перевантажень урахуваючи параметр температури в гальмівній накладці. Стосовно методу визначають поточне значення і напрямок перевантаження на початку гальмування, використовуючи зрівняння заданих та поточних значень зусилля натискання на педаль, маси транспортного засобу та його швидкості руху. За встановленими еталонними значеннями перевантажень обирають відповідно початкових умов результати отриманих і далі формують висновок про справну роботу гальмівної системи. В цій бакалаврській роботі розглянутий пристрій взято за базовий.

Параметри оцінювання працездатності систем гальмування подано на слайді презентації № 4.

Отже, були розглянуті моделі оцінювання ефективності гальмівної системи. Зрозуміло, що кожна з моделей не є універсальною. Тому необхідно оцінювати працездатність гальмівної системи узагальнюючим показником.

1.3 Перерозподіл гальмівних сил і виникнення нахиліючого моменту

Під час гальмування виникає перерозподіл гальмівних сил і виникнення нахиліючого моменту [16]. Для транспортних засобів зовнішній вхідний сигнал з боку водій створює вплив на динамічну стійкість системи через прискорення, уповільнення та керування. Багато вчених вивчають стійкість транспортних засобів за різних умов руху за допомогою різних методів нелінійного аналізу.

Коли транспортний засіб гальмує, то на ньому виникають сили та моменти, які перерозподіляють його вагу, що в свою чергу впливає і на керованість.

Процес динаміки перерозподілу навантаження під час сповільнення призводить до того, що центр мас транспортного засобу підвищується, що спричиняє виникненню перекидального моменту. При цьому вага

транспортного засобу перерозподіляється так: передні колеса мають динамічне довантаження, а задні колеса розвантажуються, через що їхнє зчеплення з дорогою зменшується [16]. Тому утворюється після підняття центру ваги його зсув вперед та униз, що характеризується так званим «клівком» кузова вперед і стиснення переднього підвішування. Протидіяти такому явищу мають спеціальні амортизатори з високим опором до стиску. Під час гальмування передня вісь отримує додаткове зчеплення через збільшення вертикального навантаження, тому може ефективно реалізувати значно більшу гальмівну силу.

До того ж тут відмічається процес реагування кузова транспортного засобу на сили інерції та реакцію підвіски.

Момент на кузові, який «намагається» перекинути транспортний засіб розраховують за формулою:

$$M_n = P_j \cdot h_g = m \cdot a \cdot h_g, \quad (1.10)$$

де m — маса автомобіля;

a — прискорення (сповільнення),

h_g — висота центра мас, яка досягається під час гальмування і оцінюється зміщення відповідно поверхні дороги.

Щоб забезпечити безпечний рух з метою запобігання втрати керованості та заносу транспортного засобу, гальмівні зусилля мають розподілятися в певних межах відповідно до допустимого динамічного навантаження на осі. [16]. Тому більшість сучасних транспортних засобів обладнують системою електронного розподілу гальмівних зусиль (EBD), яка в пневмопідвісці забезпечує подачу максимального тиску на передню вісь та обмежує його величину на задній, водночас не допускаючи блокування коліс і рух юзом.

Необхідно відмітити особливості гальмування зчленованого тролейбусу, який має свого роду причеп, який прикріплений до головної частини рухомого складу (тягача) за допомогою опорно-зчіпного пристрою. Тобто з одночасним розвантаженням осей головної частини відбувається збільшення навантаження на опорно-зчіпний пристрій транспортного засобу,

результатом чого, в свою чергу, є підвищенням навантаженості осей тягача. Гальмівна динаміка зчленованого тролейбусу у криволінійному русі показує, що підвищення інтенсивності гальмування супроводжується перерозподілом величин нормальних опорних реакцій та довантаження передньої осі тягача. Разом з тим, більша величина нормальної реакції є характерною для коліс, які під час руху в кривій перебувають на зовнішньому колі відносно центру повороту. Даний ефект пояснюється впливом відцентрових сил. Максимальна величина бортового відхилення нормальних опорних реакцій спостерігається на задній осі тягача.

2 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ГАЛЬМУВАННЯ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

2.1 Аналіз електроконтактних давачів

Електроконтактні давачі належать до пристроїв автоматики, що призначені для перетворення механічних переміщень (або інших фізичних параметрів) у електричні сигнали через замикання або розмикання електроконтактів.

Електричні давачі дають змогу забезпечити більшу точність і ефективність контролю, тому вони найпоширеніші серед давачів. В електричних давачах застосовують різні способи перетворення вимірювального імпульсу: індуктивний, електроконтактний, ємнісний, п'єзоелектричний, фотоелектричний тощо [15].

Електроконтактні давачі мають нескладну конструкцію представляють собою релейно-контактні елементи, які створюють перетворення вхідної величини в стрибкоподібне змінювання опору контактів. Статична характеристика електроконтактного давача має релейний характер, так як його вихідною величиною є опір електричного ланцюга, який змінюється стрибком.

Головним складальним елементом електроконтактних давачів є контакти. Для контактів, що розраховані на струми малої величини, для виготовлення застосовують мідь, платину, олово та інші кольорові метали й сплави. В умовах значних струмів контакти електроконтактних давачів виготовляють з вольфраму і молібдену. Матеріал контактів визначає такі їхні властивості як надійність і стабільність роботи, а також термін служби електроконтактних давачів.

Мінімальна відстань між контактами визначає поріг чутливості електроконтактних давачів. Ця відстань обмежується небезпекою пробоя або ризиком виникнення дуги.

Додатковими перевагами електроконтактних давачів є можливість працювати як на змінному, так і на постійному струмі, забезпечують здатність працювати без додаткових підсилювачів для забезпечення роботи виконавчих елементів та контрольних приладів.

Однак ці давачі мають і недоліки, пов'язані з електричним, хімічним і механічним зносом контактів. Потребується також постійне регулювання контактів. Контакти кінематично пов'язані з робочими механізмами і приводом керування залежно від відстані, пройденою робочим механізмом. Обмежує хід робочого механізму давача кінцевий вимикачем. Відстаневі вимикачі уможливають координацію роботи декількох приводів, створюючи їхній пуск, зупинку, керуючи швидкістю залежно від положення, що займає рухомий механізм робочої машини. Принцип дії давачів базується на такому. Їх розміщують на нерухомих частинах робочих елементів у певному положенні, а рухомий робочий орган, досягнувши заданого положення, впливають на давачі, що викликає їхнє спрацювання.

Вимикачі за способом переміщення рухомого вимірювального елемента поділяють на натискні, в яких шток виконує прямолінійний рух, та важільні, в яких рух передається через важіль, що повертається на деякий кут.

Вимикачі із спрацюванням електроконтактів залежно від швидкості руху упору, називають вимикачами простої дії, а в яких перемикач не пов'язано від швидкості руху упору, називають моментними.

Вимикачі нажимні належать загалом до пристроїв простої дії. Вимикач складений з бази, штоку, що опирається на сферичну втулку, декількох нерухомих контактів, та рухомих робочих контактів. Для більш надійного спрацювання нерухомі і рухливі контакти підтискають пружиною. У разі впливу зусилля шток починає переміщення, перемикаються контактні містки, тобто відмикаються розмикаючі контакти і вмикаються замикаючі.

У вимикачів моментної дії на клемних підставах укріплюються нерухомі контакти. Місток між рухомими контактами монтується на важелі.

Вимірювальний рухомий важіль пов'язаний не жорстко з повідцем, а через кілька стрічкових пружин з метою уникнення відмови вимикача у разі поломки пружини. Планка пов'язана з важелем, під час його повороту кулька під дією пружини змушує планку перемикати контакти миттєво в момент звільнення її засувки. Контакти повертають у вихідне положення завдяки дії вилки під певним кутом в межах 45° від осі вимикача [15].

2.2 Конструкція запропонованого пристрою

Для визначення працездатності гальмівної системи рухомого складу запропонований пристрій, який встановлює величину його гальмівного шляху на лінії й в змозі передавати інформацію до центрального диспетчерського пункту засобами телеметрії [14].

Пристрій визначення гальмівний шлях транспортного засобу, коли водій здійснює короткочасне натискання на гальмівну педаль.

Вирішення технічного методу досягається тим, що до системи пристрою введені еталонні значення перевантажень для n-го набору початкових умов, після чого визначають значення поточної величини і напрямку цього перевантаження, зрівнюють отримане поточне значення перевантаження за даними початкових умовах, з еталонним значенням. У разі цього здійснюється індикація, коли рівень поточного перевантаження перевищує еталонне значення. Водночас визначають початкові умови створення перевантаження на початку гальмування, порівнюючи поточну масу транспортного засобу із заданим значенням, і так само зрівняння поточних зусиль натиску на педаль гальма із заданими значеннями, і на додаток розраховують гальмівний шлях за виразом:

$$S_{\Gamma} = \frac{V_0}{3,6} (\tau_c + 0,5\tau_H) + \frac{V_0^2}{26v_{\text{ст}}}, \quad (2.1)$$

де V_0 – швидкість на початку гальмування, км/год;

τ_c – час затримки спрацювання гальмівної системи, с;

τ_H – час, протягом якого зростає уповільнення, с;

$v_{уст}$ – усталене уповільнення, м/с².

Система, що розроблена, записує в блоці пам'яті дані про гальмівного шляху і поточне значення часу вимірювання, отримує сигнал запиту від диспетчерського пункту, визначає стан спрацювання гальмівної системи і шлях гальмування, передає кодовану інформацію про інвентарний номер рухомого складу, отримує команду від диспетчера про негайну зупинку рухомого складу в разі знаходження ознак несправного стану гальмівної системи.

На рисунку 2.1 зображена структурна схема пристрою визначення справності гальмівної системи транспортного засобу.

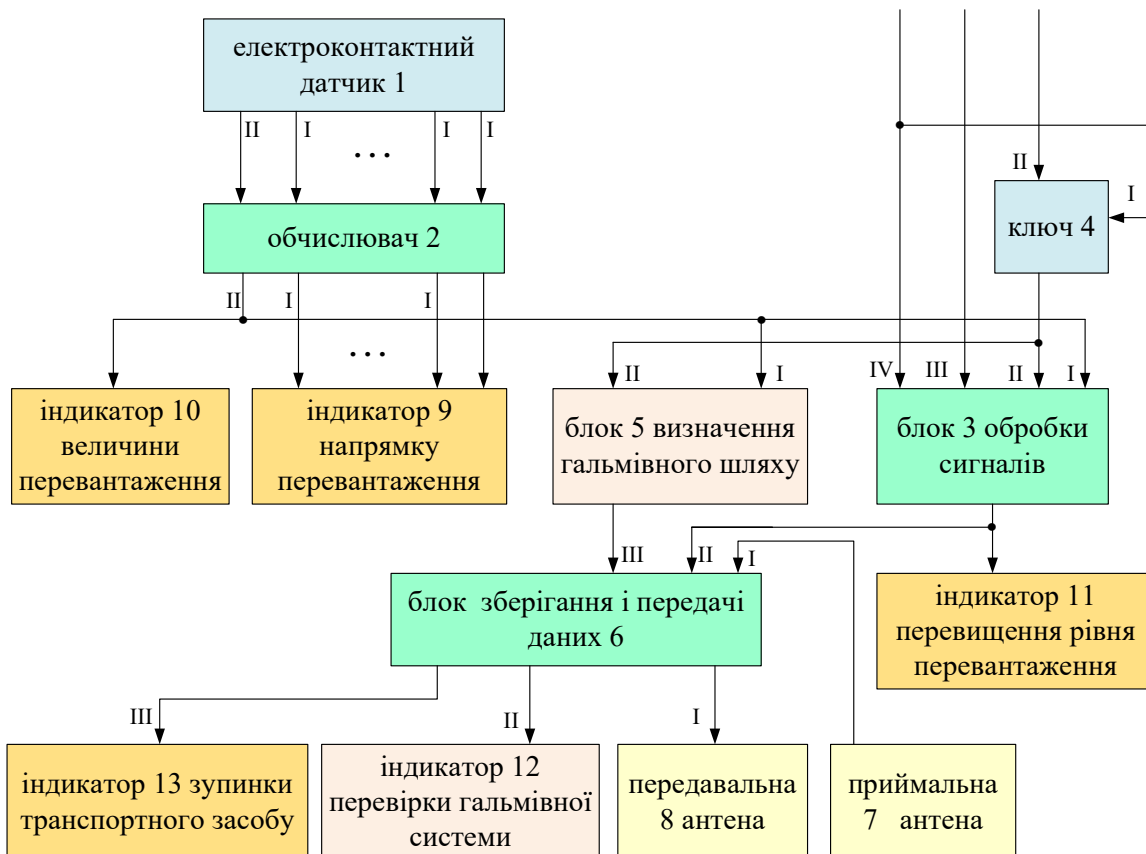


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою визначення справності гальмівної системи рухомого складу

На 5 слайді презентації продемонстрована структурна схема запропонованого пристрою, а 6 слайд демонструє конструктивну схему електроконтактного давача.

На 7 слайді ілюстративного матеріалу подана схема електрична електроконтактного давача і схема обчислювача структурна.

Пристрій складається з електроконтактного давача 1, обчислювача 2, блоку оброблення сигналів 3, ключа 4, блоку встановлення гальмівного шляху 5, блоку зберігання і передачі даних 6, приймальної 7 і передавальної 8 антен, індикатору вектору перевантаження 9, індикатора величини перевантаження 10, індикатора невідповідності (перевищення) рівня перевантаження 11, індикатору перевірення гальмівної системи 12, індикатора про зупинку транспортного засобу 13 [15,16].

Електроконтактний давач 1 містить немагнітний конусоподібний корпус 14 із кришкою 15, що розміщена в вершині корпусу, інерційний елемент 16, що представлений, як електропровідна кулька, перший електроконтакт 17, що виконаний як усічений порожнистий конус, закріплений на кришці корпусу, має другий електроконтакт 18, виконаний як порожнистий конус, розміщений на боковій поверхні корпусу таким чином, що його базову основу звернено до нижньої бази конуса першого електроконтакту 17 і також паралельно йому, ізольовані між собою центральний 19 і кільцевий 20 електроконтакти. Центральний електроконтакт 19 розташований у самій вершині конуса другого електроконтакту 18 і з ізоляцією від нього, кільцевий електроконтакт 20 розташований за периметром вершини конуса другого електроконтакту 18 і також має ізоляцію від нього. Перший електроконтакт 17 виконаний як ізольований один від одного сектори, їхні виходи утворюють першу групу виходів давача 1, другі виходи є виходами кільцевого електроконтакту 20. Центральний електроконтакт 19 і другий електроконтакт 18 з'єднані з позитивним виходом джерела живлення 21.

Перша група вхідних контактів та другий вхід обчислювача 2 з'єднані з першою групою вихідних контактів і другим вихідним контактом давача 1 відповідно. Перша група вихідних контактів обчислювача 2 з'єднана з групою вхідних контактів індикатора 9 вектору перевантаження, другий вихідний контакт – з вхідним контактом індикатора перевантаження 10.

Обчислювач 2 складається з групи з n -тригерів 22, де n є кількістю секторів першого електроконтакту вібраційного давача, першого 23, другого 24 і третього 25 елементів I, інвертора 26, генератора 27 імпульсів, диференціюючого ланцюга 28, лічильника імпульсів 29, помножувача 30, подільника 31, задавача постійної величини 32. До того ж інформаційні входи тригерів 22 з'єднані з відповідними вхідними контактами першої групи вхідних контактів обчислювача 2, другий вхідний контакт якого з'єднаний через інвертор 26 із вхідним контактом диференціюючого ланцюга 28 і першим вхідним контактом другого елемента I 24, другий вхідний контакт якого з'єднаний із виходом генератора імпульсів 27, а вихідний другого елемента 24 I з'єднаний з входом інформаційним лічильника 29, входи з обнуленням тригерів 22 і лічильника імпульсів 29 об'єднані так, щоб забезпечити можливість подачі до них сигналу із позитивною шиною джерела 21, виходи прями тригерів 22 є виходами відповідними першої групи вихідних контактів обчислювача 2, а інверсні виходи поєднані відповідно з входами групи n -входів першого елемента 23 I, вихідні контакти якого з'єднані з третім вхідним другого елемента I 24 і другим вхідним третього елемента I 25, перший вхідний контакт якого з'єднаний з вихідним диференціюючою ланцюга 28, а вихідний третього елемента I 25 з'єднаний з входом «обнулення» лічильника імпульсів 29, вихід якого з'єднаний з першим і другим вхідними контактами помножувача 30, вихід якого з'єднаний з першим вхідним подільника 31, другий вхід якого з'єднаний з виходом задавача постійної величини 32, а його вихід являється другим вихідним контактом обчислювача 2.

Розглянемо будову схеми блоку оброблення сигналів (рис. 2.1). Блок оброблення сигналів 3 (рис. 2.2) [16] в конструкції містить: n-перший 33, n-другий 34, n-третій 35 та n-четвертий порогові пристрої 36, n-перший 37, n-другий 38, n-третій 39, четвертий 40 і п'ятий 41 ключі, елемент АБО 42, задавач постійних сигналів 43.

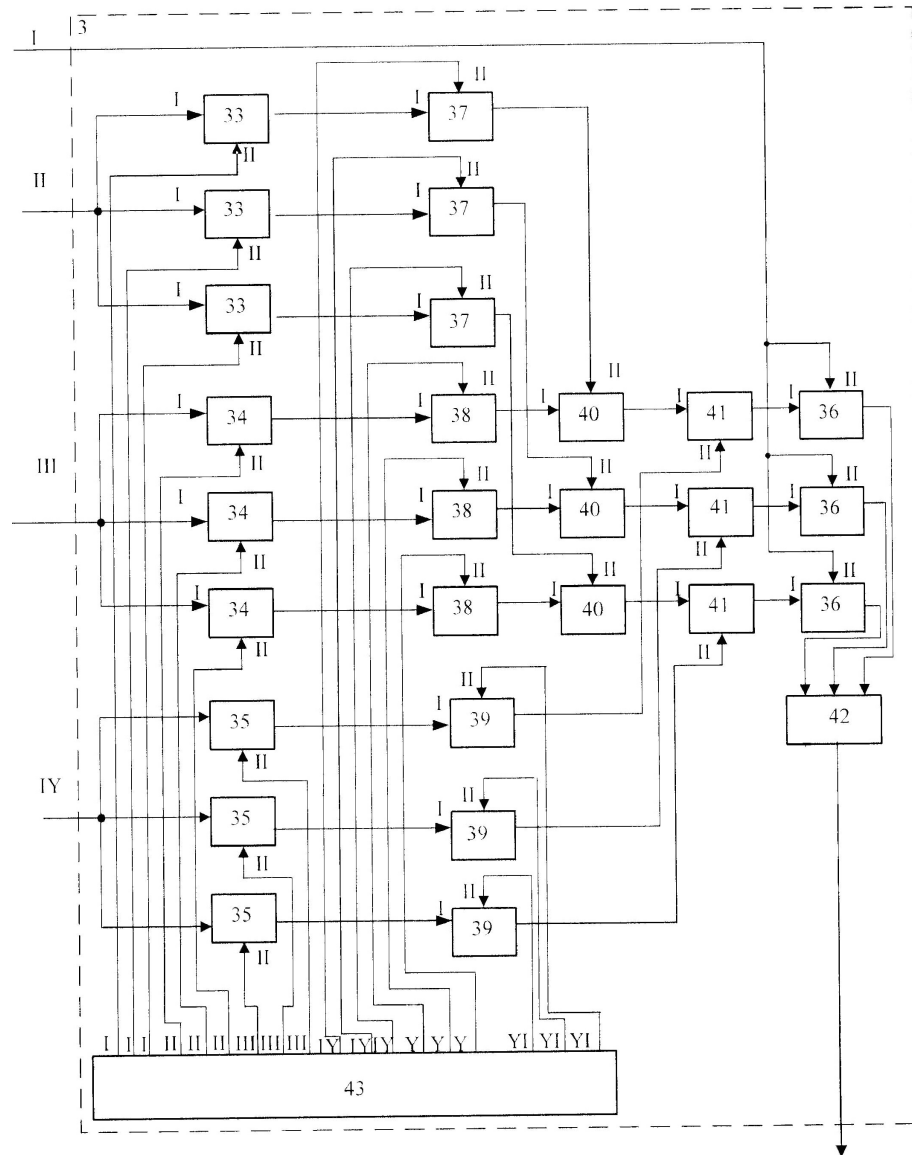


Рисунок 2.2 – Схема блоку оброблення сигналів

Другий вихідний контакт обчислювача 2 з'єднаний у відповідності з першим входом блоку оброблення сигналів 3, а його третій і четвертий входи поєднані у відповідності з давачем маси транспортного засобу і давачем оцінювання зусилля на педалі гальма, вихідний контакт блоку оброблення сигналів 3 з'єднаний відповідно із індикатором рівня перевантаження 11.

Відповідно перший вхід, а також другий, третій і четвертий входи блоку оброблення сигналів 3 є другими входами n- четвертого 36 і першими входами n-першого 33, n-другого 34 та n-третього 35 порогових пристроїв. Другі входи перелічених пристроїв отримують сигнали від першої...третьої групи виходів задавача сигналів 43, а виходи поєднані з першими вхідними контактами n-першого 37, n-другого 38 і n-третього 39 ключів відповідно. Їхні другі входи поєднані з виходами відповідно четвертого, п'ятого і шостого виходів задавача сигналів 43. Вихідні контакти n-першого 37 і n-другого 38 ключів з'єднані з першими входами і другими входами n- четвертого ключів 40 відповідно. Їхні вихідні контакти з'єднані з першими входами n-п'ятого 41 ключів, другі входи яких з'єднані з виходами третіх 39 ключів, виходи n-п'ятого 41 ключів поєднані з першими входами n- четвертого 36 порогового пристрою, виходи якого з'єднані з входами елемента АБО 42, вихід якого являється виходом блоку оброблення сигналів 3.

Блок розрахунку довжини гальмівного шляху 5 (8 слайд презентації) містить перший 44 і другий 45 помножувачі, перший 46, другий 47 і третій 48 задавачі сигналів, перший 49 і другий 50 ділянки, перший 51 і другий 52 підсумовуючі пристрої, квадратор 53.

Блок збереження і передачі даних 6 (9 слайді презентації) містить приймальний пристрій 54, диференціюючий ланцюг 55, елемент АБО 56, тригер 57, лінії затримки 58, генератор імпульсів 59, сдвиговий регістр 60, елемент 61, елемент І 62, перший 63 і другий 64 ключі, передавальний пристрій 65, давачпоточного часу 66, блок 67 пам'яті.

Кількість секторів для першого електроконтакта 12 обирають залежно від встановленої точності визначення вектору перевантаження. Чим більшою є кількість секторів, тим вищою встановлюється точність. Мінімальну величину сектора визначають можливістю технології виготовлення, урахувавши організацію надійного контакту рухомої кульки.

Для виміру перевантажень можна використовувати замість електроконтактного давача давач лінійних прискорень.

Довжину гальмівного шляху можна визначити у разі короткочасного натискання на педаль гальма на підставі значення усталеного прискорення ($V_{уст}$) відповідно до діаграми гальмування, що наведена на 8 слайді презентації [15].

Давач маси як транспортний ваговий пристрій складається з тензометричних давачів, розміщених в шинах коліс транспортного засобу, давачів тиску, у яких чутливі елементи поєднані з порожнинами шин внутрішніми; генератора, багатоканального підсилювача-перетворювача «аналог-код», блоку пам'яті, перетворювача «код-аналог» і приладу відображення інформації, встановленого на керувально-інформаційній панелі у відділенні водія [15].

Поточну масу рухомого складу пристрій оцінює під час руху в кожний поточний момент часу. Повною масою транспортного засобу є його маса тари з додаванням маси пасажирів, які перебувають в салоні. Так загальна маса транспортного засобу змінюється залежно часу його руху через змінювання кількості пасажирів в салоні.

2.3 Принцип дії пристрою

Пристрій для встановлення працездатності гальмівної системи працює таким чином.

Коли під час гальмування є вплив перевантаження, з одного першого виходу електроконтактного давача 1 надходить сигнал на один із входів обчислювача 2, в якому встановлюється вектор і значення перевантаження. Сигнал залежно від напрямку вектора перевантаження потрапляє з одного з першого виходу обчислювача 2 до одного з входів індикатора вектору перевантаження 9. З другого виходу обчислювача 2 сигнал потрапляє до

перших входів блоку оброблення сигналів 3, блоку розрахунку довжини гальмівного шляху 5 і входу індикатора значення перевантаження 10.

До першого, другого і третього входів блоку збереження і передачі даних 6 сигнали потрапляють з приймальної антени 7, блоку оброблення сигналів 3 і блоку розрахунку довжини гальмівного шляху 5.

Блок оброблення сигналів 3 на підставі оброблених вхідних трьох параметрів (швидкості початку гальмування, поточної маси рухомого складу, зусилля натискання на педаль гальма) і порівняння поточної значення перевантаження з значенням еталонним за даними початкових умов гальмування автоматично визначає стан гальмівної системи і подає сигнал через індикатор перевищення значення перевантаження 11.

Блок розрахунку довжини гальмівного шляху 5 на підставі двох параметрів (швидкості початку гальмування і величиною перевантаження) визначає у разі короткочасного натискання на педаль гальма шлях гальмування і подає його значення через індикатор величини гальмівного шляху 9 (схема на 8 слайд презентації).

У початковому стані сигнал від позитивної шини живлення йде до входів «обнулення» лічильника 29 і групи з n тригерів 22, в одночас з інверсних виходів тригера 22, сигнали надходить через перший елемент І 23 до третього входу другого елемента 24 І.

Вплив перевантаження діє на інерційний елемент 16 (електропровідну кульку), який переміщується в напрямку одного із секторів першого електроконтакту 17, після цього розмикається центральний 19 і кільцевий 20 електроконтакти (показано на 6 і 7 слайді презентації), що супроводжується зняттям сигналу із входу інвертора 22.

З виходу інвертора 26 сигнал надходить до входу диференціюючого ланцюга 28, до першого входу другого елемента І 24 (8 слайд презентації).

З виходу диференціюючого ланцюга 28 сигнал через перший вхід третього елемента І 25 надходить до входу «обнулення» лічильника імпульсів 29.

Сигнал у вигляді імпульсів надходить з виходу генератора 27 через другий вхід другого елемента І 24 до першого входу лічильника 29.

Під час подальшого руху електропровідної кульки 16 створюється замикання другого 18 і іншого із секторів першого електроконтакту 17 (7 слайд презентації), водночас сигнал потрапляє до першого входу одного з n-тригерів 22, з виходу якого сигнал йде до входу індикатора векторів перевантаження 9, а коли відсутні сигнали з інверсного виходу тригера 22, то це означає припинення підрахунку імпульсів лічильником 29, який створювався через перший І 23 і другий елементи 24 І.

З виходу лічильника імпульсів 29 сигнал, що є пропорційним часу руху електропровідної кульки t , надходить до першого і другого входів помножувача 30, на виході якого сигнал, що є пропорційним величині t_2 , потрапляє до першого входу дільника 31, до другого входу якого з вихідного контакту задавача 32 потрапляє сигнал, що є пропорційним такій величині [16]:

$$\frac{2L \cdot \cos \alpha}{g}, \quad (2.2)$$

де L – відстань між двома виходами положення електроконтактів;

α – кут полого конуса давача;

g – прискорення вільного падіння.

З виходу дільника 31 сигнал, що є пропорційним такій величині:

$$n = \frac{2L \cdot \cos \alpha}{t^2 \cdot g}, \quad (2.3)$$

потрапляє водночас до входу індикатора 10 значення перевантаження і до першого входу блоку оброблення сигналів 3.

Блок оброблення сигналів 3 призначається для встановлення умов початкових виникнення перевантажень і забезпечує автоматичне визначення працездатності системи гальмування транспортного засобу для цих початкових умов (7 слайд презентації).

До перших входів першого 33, другого 34 та третього 35 порогових пристроїв потрапляють сигнали з давача швидкості руху транспортного засобу, через другий вхідний контакт ключа 5, з давача поточної маси транспортного засобу, з давача впливу зусилля на педалі гальма, до других входів яких потрапляють сигнали від першої, другої, третьої групи виходів задавача сигналів 43.

У разі натискання на гальмівну педаль сигнал потрапляє до першого входу ключа 4, тим самим створюється встановлення швидкості початку гальмування.

На відповідних виходах (перший 33, другий 34 і третій 35 порогові пристрої) формуються сигнали, що відповідають значенням початкової швидкості гальмування, маси транспортного засобу і значенню зусилля впливу на педаль гальма під час гальмування транспортного засобу.

З виходів порогових пристроїв 33, 34, 35 сигнали, що відповідають початковим вхідним параметрам виникнення перевантажень, потрапляють до перших входів n-першого 37, n-другого 38 і n-третього 39 ключів відповідно, до других входів яких приходять сигнали, що відповідають еталонним значенням, з четвертої, п'ятої і шостої груп виходів задавача сигналів 43 відповідно (7 слайд презентації).

Сигнали з виходів n-першого 37 і n-другого 38 ключів йдуть відповідно до перших і других входів n-четвертого ключів 40, з виходів яких потрапляють до перших входів n-п'ятих ключів 41, до других входів яких йдуть сигнали з виходів третіх ключів 39.

На одному з виході з n-п'ятих ключів 41 формується сигнал, що відповідає еталонному значенню при встановлених умовах початку виникнення перевантажень.

З виходів n-п'ятих ключів 41 сигнали потрапляють до перших входів n-четвертих порогових пристроїв 36, до других входів яких надходить сигнал, що відповідає поточному перевантаженню, яке фіксується в момент початку гальмування транспортного засобу. Коли встановлено перевищення значення

поточного перевантаження проти заданого еталонного значення сигнал надходить до одного з входів елемента або 42, і далі з його виходу йде до індикатора перевищення межі перевантаження 11.

Блок встановлення довжини гальмівного шляху 5 на підставі двох параметрів (початкова швидкість гальмування і величина перевантаження) розраховує гальмівний шлях у разі короткочасного натискання на гальмівну педаль.

До першого і другого входів блоку встановлення довжини гальмівного шляху 5 потрапляють сигнали з перших входів першого помножувача 44, першого дільника 45 і входу квадратора 53, які відповідають швидкості і прискоренню і з другого виходу обчислювача і давача швидкості (8 слайд презентації).

З виходу другого дільника сигналу 50, що відповідає значенню за відношенням:

$$\frac{v_0^2}{26v_{уст}}, \quad (2.4)$$

надходить до другого входу другого підсумовуючого пристрою 52. В цей момент формування цього сигналу здійснюється таким чином.

З квадратора 53 сигнал, що відповідає значенню, надходить до першого входу другого поділювача 50, до другого входу якого потрапляє сигнал, що відповідає значенню $26 v_{уст}$ з виходу першого помножувача 44, до другого входу якого йде сигнал, що відповідає постійному значенню $K_1 = 26$ з виходу першого задавача 46.

З виходу другого задавача 47 сигнал, що відповідає постійному значенню $K_2 = 3,6$, надходить до другого входу першого дільника 49, з виходу якого сигнал, що відповідає значенню потрапляє до першого входу другого помножувача 45, до другого входу якого потрапляє сигнал, що відповідає значенню $(\tau_c + 0,5\tau_H)$ з виходу першого підсумовуючого пристрою 51, до першого і другого входів якого надходять сигнали, що відповідають значенням τ_c , $\tau_{нс}$ першого і другого відповідних виходів третього задавача

сигналів 48. З виходу другого помножувача 45 сигнал, значення якого визначається виразом:

$$\frac{V_0}{3,6}(\tau_c + 0,5\tau_H), \quad (2.5)$$

потрапляє до першого входу другого підсумовуючого пристрою 52, до другого входу якого приходиться сигнал, визначений відповідно виразом (2.3) з виходу другого дільника 50.

З виходу другого підсумовуючого пристрою 52 сигнал, розрахований відповідно за формулою (2.1) надходить до третього входу блоку збереження і передачі даних 6. У разі надходження запиту з центрального диспетчерського пункту дистанційно встановлюється стан гальмівної системи транспортного засобу.

Це створюється таким чином. Передаючий пристрій (GPS-трекер), що розташовується на ЦДП, створює випромінювання сигналу запиту в до певного рухомого складу. Цей сигнал приймається приймальною антеною 7 рухомого складу, через приймальний пристрій 54 (блок збереження і передачі даних 6) потрапляє до першого входу тригера 57, до другого входу якого під час включення живлення через диференціюючий ланцюг 55, елемент АБО 56 подається сигнал до другого входу «обнулення» тригера 57.

Водночас з виходу приймального пристрою 54 сигнал потрапляє до входу індикатора перевірки стану гальмівної системи 12, в цей час водій рухомого складу створює короткочасне натискання на гальмівну педаль.

З виходу тригера 57 сигнал потрапляє водночас до першого входу зсувного реєстра 60, входу лінії затримки 58 і другого входу першого ключа 63, до першого входу якого приходиться сигнал з виходу блоку оброблення сигналів 3, що відповідає працездатному стану гальмівної системи.

З виходу першого ключа 63 сигнал потрапляє до першого входу другого ключа 64, до другого входу якого надходить сигнал, що відповідає значенню гальмівного шляху транспортного засобу.

З виходу другого ключа 64 сигнал йде водночас до другого входу блоку пам'яті 67 і до входу передавального пристрою 65, з виходу якого через передавальну антену 8 потрапляє до входу приймального пристрою ЦДП.

З виходу приймального пристрою ЦДП сигнал йде до входу ЕОМ, де фіксується рухомий склад за інвентарним номером, час перевірення і стану гальмівної системи, а також довжина гальмівного шляху.

Сигнал з виходу лінії затримки 58 йде через другий вхід елемента АБО 56 до входу «обнулення» тригеру 57.

Під час відсутності сигналу з блоку збереження і передачі даних 6, подається другий сигнал від виходу передавального пристрою ЦДП у напрямку транспортного засобу.

Через приймальний пристрій 54, починаючи з виходу приймальної антени 7 і тригер 57 сигнал надходить до першого входу зсувного регістра 60, з другого виходу якого потрапляє до першого входу елемента І 62, до другого входу якого приходить сигнал з першого виходу зсувного регістра 60 через елемент НІ 61, у разі цього з виходу елемента І 62 сигнал надходить до індикатора 13 зупинення транспортного засобу [12, 13].

В такій ситуації водій повинен зупинити рухомий склад за вимогою від центрального диспетчера та очікувати машину технічної допомоги для транспортування непрацездатної машини у депо.

Отже, поруч з автоматичним визначенням працездатності гальмівної системи рухомого складу виконується дистанційна передача стану гальмівної системи.

3 РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНОГО ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

3.1 Способи розрахунку перевантаження під час гальмування транспортного засобу

Виходячи з пункту 1.3., коли утворюється перерозподіл гальмівних сил під час гальмування, виникає процес, який називають «гальмівним перевантаженням». Методика розрахунку значення цього перевантаження базується на визначенні величини сповільнення, яке діє на рухомий об'єкт на початку і під час гальмування. Зазвичай гальмівним перевантаженням вважають відношення реалізованого сповільнення і прискорення вільного падіння.

В результаті гальмування пасажери відчують силу, що в 0,5 рази перевищує земне тяжіння, і яка спрямована вперед.

Є два варіанти визначення сповільнення. За першим сповільнення можна виразити через час гальмування, якщо визначена початкова швидкість гальмування V_0 і значення кінцевої швидкості пригальмовування, що створювалося протягом часу гальмування t_r :

$$B = \frac{V_0}{t_r} . \quad (3.1)$$

Другий варіант сповільнення передбачає його вираження через шлях, тобто якщо відома не тільки швидкість початку гальмування V_0 , а й довжини гальмівного шляху S_r :

$$B = \frac{V_0^2}{2S_r} . \quad (3.2)$$

Отже, використовуючи наведені формули і поняття гальмівного перевантаження, може бути застосований спосіб, який базується у фіксуванні у відповідному блоці початкового виниклого перевантаження. Блок розрахування довжини гальмівного шляху S на підставі двох параметрів (швидкості початку гальмування і величини гальмівного перевантаження)

розраховує довжину гальмівного шляху у разі короткочасного натискання на гальмівну педаль.

Загалом перевантаженням є векторна величина, що є відношенням прискорення, що створюється рівнодіючою прикладених до гальмуючого тіла зовнішніх сил, до прискорення вільного падіння, що спрямовується в напрямку, протилежному прискоренню, що визначають за формулою [17]:

$$n = v / g, \quad (3.3)$$

де v – лінійне сповільнення, що створюється рівнодіючою зовнішніх сил, m/c^2 ;

g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Іншим трактуванням гальмівного перевантаження називають відношення ваги гальмуючого об'єкта до величини сили тяжіння, що діє на цей об'єкт відносно поверхні землі. Вагою об'єкта називають силу, яка діє з боку об'єкта на опору, якою він рухається. Таким чином, гальмівним перевантаженням є безрозмірна величина.

3.2 Встановлення значення перевантаження під час гальмування транспортного засобу

Проведемо розрахунок гальмівного перевантаження, яке сприймають водій тролейбуса та пасажирів в салоні, а тролейбусна машина починає гальмувати з початкової швидкості 35 км/год за 4,5 с. Кінцевою швидкістю тролейбуса, який повністю зупиняється є швидкість 0 км/год. Якщо швидкість тролейбуса від 35 км/год за час 4,5 с зменшується до 0, то його уповільнення дорівнює :

$$v = 35 / (3,6 \cdot 4,5) = 2,16 \text{ м} / \text{с}^2.$$

Під час виникнення гальмівного перевантаження на водія і пасажирів в салоні діють дві складові сили реакції опори: з боку крісла, назвимо її

вертикальною складовою \vec{N}_1 і з боку спинки крісла – горизонтальною складовою \vec{N}_2 (рис. 3.1).

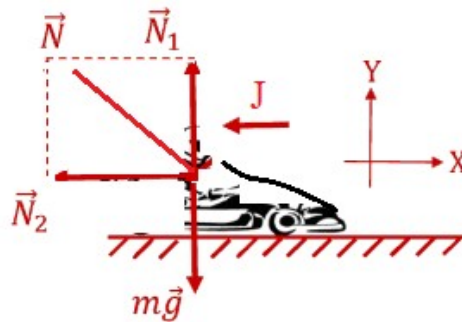


Рисунок 3.1 – Схема розрахунку гальмівного перевантаження

Якщо транспортний засіб рухається горизонтальною ділянкою, тоді вертикальна складова сили реакції поверхні котіння врівноважується силою тяжіння, тобто $\vec{N}_1 = m \vec{g}$. Ураховуючи, що водій (пасажир) сповільнюється разом з тролейбусом у горизонтальному напрямку, то за другим законом Ньютона в проєкції на вісь, яка сосно має напрямок з прискоренням, горизонтальна складова сили реакції поверхні котіння дорівнює $\vec{N}_2 = m \vec{v}$.

Величина загальної сили реакції відповідно до опори котіння можна визначити за теоремою Піфагора:

$$N = \sqrt{\vec{N}_1^2 + \vec{N}_2^2}. \quad (3.4)$$

Тобто загальна сила реакції відповідно до опори котіння буде дорівнювати модулю ваги. Тобто шукане гальмівне перевантаження буде дорівнювати:

$$\frac{P}{mg} = \frac{N}{mg} = \frac{m\sqrt{v^2+g^2}}{mg} = \sqrt{1 + \frac{v^2}{g^2}} = \sqrt{1 + \frac{2,16^2}{9,8^2}} = 1,024.$$

Розрахунок показує, що величина гальмівного перевантаження не перевищує норми перерозподілу гальмівних сил між лівими і правими колесами.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вступ

Завданнями підрозділів охорони праці на підприємстві є створення і забезпечення безпечних виробничих умов на робочих місцях, на яких дотримуються вимоги чинних стандартів в цьому питанні [18,19].

Матеріальна база підприємств міського електротранспорту (МЕТ) не зосереджена на одній території, так як робота рухомого складу проходить на транспортній мережі, яка може простягатися на десятків кілометрів від місця дислокації депо. З іншого боку транспортна мережа міста є системою з підвищеним ризиком щодо експлуатації рухомого складу, що і обумовлює ризики і потенційні небезпеки праці водіїв.

В поданій бакалаврській роботі об'єктом дослідження умов праці є водій тролейбусу, що працює на маршрутах транспортної мережі міста. Тому головна мета забезпечення безпечних виробничих умов на робочому місці водія з погляду охорони праці пов'язана з організацією безпечного руху тролейбусних машин і перевезення пасажирів, з дотриманням вимог чинних нормативних документів під час експлуатації.

Потенційним ризиком під час роботи на лінії є постійна емоційна напруга водія, причиною якої є умови праці в постійному інтенсивному транспортному потоці, що вимагає підвищеної уваги, причому в будь-яких погодних впливах.

Відділення водія спроектовано відповідно ергономічних вимог, однак на водія тролейбуса можуть впливати низка небезпек і ризиків, що діють з боку рухомого складу, і з боку транспортного середовища [20].

У відділенні водія тролейбусної машини серед потенційних ризиків виникає небезпека уразки електричним струмом, вібрації, шум і погодні умови є постійними негативними факторами стану здоров'я водія, одноманітне положення і дії викликають втомлюваність водія, що викликає

потенційний ризик розвитку аварійної ситуації. Придорожня інфраструктура через недосконалість організації та вплив інших учасників дорожнього руху, що недотримуються правил дорожнього руху, наражають на потрапляння в дорожньо-транспортну пригоду.

Потенційною небезпекою для водія є вплив на нього хімічних сполук і речовин, які потрапляють у відділення водія з повітря оточуючого середовища і забруднюють дихальні органи водія, а також бактеріальні мікроелементи від пасажирів в салоні [20,22].

Якщо водій не дотримується нормативів безпеки і вимог охорони праці у разі непередбачуваної зупинки, пов'язаною необхідністю встановлення струмоприймача до контактного проводу, може статися наїзд іншим транспортним засобом на водія. Небезпеку для стану здоров'я організму водія становлять погодні умови, коли в літку дуже підвищується температура повітря, яка негативно впливає на судинну систему, а дуже низькі температура узимку сприяють переохолодженню організму водія.

Виходячи з вищенаведеного потребується впровадження комплексних планів, націлених на покращення умов праці водіїв, які б забезпечували зниження ризику різних захворювань, травматизму і інших небезпечних факторів на виробництві [20, 22]. Ці плани мають будуватися на базі законодавчих і нормативних актів, таких як Конституція України, Кодекси законів про працю, Законів України «Про охорону праці», «Правил дорожнього руху», різних галузевих нормативних документів [18, 19], а також нормативних документів, розроблених на рівні підприємства [24].

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час руху маршрутом на водія тролейбуса впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори, під впливом яких порушуються нормальні умови праці та підвищується ризик потрапляння у дорожньо-транспортну пригоду з до травмуванням і загибеллю водія.

Спектр небезпечних й шкідливих виробничих факторів поділяють на окремі категорії [20, 21]: фізичні; хімічні; біологічні; психофізіологічні.

Розділення на такі категорії допомагає відповідальним на підприємстві особам з охорони праці комплексно і регулярно оцінювати ризикові ситуації з виникненням негативних наслідків для працюючих та задля ліквідації проваджувати різні організаційні і технічні заходи.

Проаналізовані умови праці водія тролейбуса виявили причини небезпечних шкідливих факторів за категоріями:

а) фізична категорія факторів:

вплив стану дорожнього покриття на водія через підвіску тролейбуса, що викликає шум та вібрацію. Вплив коливань вібрацій на водія і пасажирів, є важливими фактором комфортабельності транспортного засобу. Вібрації негативно діють водія, з іншого боку порушують стан окремих агрегатів, знижують швидкість і його продуктивність рухомого складу [21 - 23];

– рівень шуму на робочому місці водія має підвищений рівень, причиною є робота двигунів автомобілів, що рухаються дорогою, робота механізмів і вузлів тролейбусної машини та елементів електричних машини і агрегатів;

– вплив стану повітря робочої зони, коли вологість є підвищеною і навпаки низькою, може знижуватися рухливість повітря через зачинені вікна, або поганої системи циркуляції в відділенні водія тролейбуса;

– вплив порушень в ізоляції електрообладнання, коли струм може перекинутися на корпус тролейбуса, що загрожує ураженням електричним струмом;

– вплив підвищеного рівня електромагнітних випромінювань;

– вплив нестачі природного світла, або надлишок в яскраву сонячну погоду і також штучного освітлення від фар зустрічних транспортних засобів;

– вплив на водія змінюваних за порою року метеорологічних факторів, загалом температурних (підвищена / знижена температура);

– вплив тривалої роботи, коли зміна водіїв становить 10-12 годин (що допустимо законодавством), але однотипні, монотонні викликають втому водія [24].

До психофізіологічної категорії шкідливих факторів водія відносять нервово-емоційне напруження, що викликано очікуванням аварійної ситуації. До хімічної категорії факторів відносять вплив токсичних речовин і у відділенні водія, через вихлопи інших автомобілів та запиленість повітря частинками, що утворюються через стирання робочих поверхонь транспортних засобів тощо. робочої зони [22].

4.3 Організаційно-технічні заходи з забезпечення безпеки

Забезпечення вимог охорони праці водія, перш за все, забезпечується технічним станом тролейбусної машини. Головну роль в цьому відіграє організація випуску з депо на лінію.

Тролейбусну машину забороняється випускати на лінію, якщо у технічному журналі не міститься підпису майстра про готовність до експлуатації. Диспетчер за випуском має підписати шляховий лист.

Готовність працювати тролейбусній машині на лінії має оцінити і водій [6, 25], а саме перевірити:

- встановлення лобового маршрутного вказівника, який до того ж має відповідати номеру маршруту;
- працездатність двох склоочисників та наявність дзеркал заднього виду;
- цілісність та чистоту скла, фар та засобів сигналізації;
- стан і роботу дверей та стан ходових частин тролейбусної машини.

Зайшовши до відділення водія, він має оцінити у разі ввімкненій подачі струму спрацювання систем керування; роботу дискового гальма, сигналів поворотів, фар; низьковольтного освітлення, сигнального гудка; освітлення приладів керування на панелі.

Важливим є перевірка спрацювання гальмівної системи тролейбусної машини на випробувальній ділянці, що розташована на території депо, а також протягом слідування нульовим рейсом [6, 25].

Крім того водій має перевірити спрацювання гальмівної системи наступними діями:

- зтягнувши ручне гальмо, ввімкнути двигун на 2...3 с на маневровій позиції, оцінити нерухомість тролейбусу;
- оцінити дію механічного гальма на випробувальному майданчику, створюючи рух на першій ходовій позиції зі швидкістю 10 км/год з виконанням екстреного гальмування. На сухому асфальтовому покритті гальмівний шлях не має бути більше 1,5 м, на снігу мають фіксуватися юзові сліди гальмування (блокування) [16].

Правила експлуатації трамвая і тролейбуса встановлюють такі значення довжини гальмівного шляху у випадку екстреного гальмування при початковій швидкості 20 км/год тролейбуса на сухому дорожньому покритті 4,5 м. У аналогічних умовах, але з більшою початковою швидкістю 30 км/год має становити 11 метрів [6]. У разі встановлення збільшення шляху під час гальмування проти необхідного, водій має довести інформацію до диспетчера і діяти згідно його розпорядження.

Також перевірки з боку водія підлягає перевірка засобами екіпірування тролейбусної машини [6, 25], а саме:

- вуглекислотним вогнегасником;
- переносною позначкою аварійної зупинки;
- комплектом необхідних інструментів для ліквідації на лінії незначних несправностей та плавких запобіжників;
- наявність діелектричних рукавиць і сигнального жилету ярого кольору.

Організаційні заходи, що мають впроваджуватися для покращення умов праці водія включають правильну організацію трудової діяльності і

відпочинку водія, що встановлені вимогами забезпечення раціонального режиму роботи і відпочинку водіїв.

Раціональний режим праці і відпочинку водія з дотриманням гігієнічних норм забезпечує зниження втоми і збереження здоров'я водія й його працездатності. Головну роль в цьому аспекті відіграють основні вимоги, що закладені до «Положення про робочий час і час відпочинку водіїв», яке регламентує режим роботи водіїв колісних транспортних засобів корелює з чинним трудовим законодавством [24].

У випадках, коли за умовами організації праці не забезпечується щоденна або щотижнева протягом 40 годин тривалість робочого часу, допускається врахування сумарного обліку, зазвичай, помісячного. Для водіїв міського електротранспорту деяких випадках тривалість робочої зміни обмежується 10 годинами. Однак, тривалість робочої зміни може досягати 12 годин за погодженням з профспілковим органом або уповноваженими особами на підприємстві. Причому години, що витрачені на перерви і підготовчо-заклучні роботи, зараховують у робочий час.

Якщо збільшується робочий час до 12 год для забезпечення відновлення організму водія необхідний і більший за часом відпочинок. Так, за Положенням, якщо зміна триває 12 годин, з яких дев'ять годин водій перебуває за кермом, тоді має надаватися на нічний сон має не менше 10 годин, а наступна робоча зміна – не більше 7 годин. Отже, тривалість робочої зміни в межах 10...12 годин повинна впроваджуватися у виключних випадках. Перерва для відпочинку та харчування водію надається тривалістю в межах 45 хв і 2 години, зазвичай, не пізніше ніж через 3 години після початку зміни. При цьому перерва не враховується як загальний робочий час водія [24].

Забезпечення нормальних умов праці водія створюється завдяки організації мікрокліматичних умов. Напружений характер праці водія має забезпечувати мікроклімат в його відділенні з відповідними оптимальними характеристиками і створювати позитивний вплив на організм водія, щоб

підтримувати його ефективну працездатність та гарне самопочуття. Створення умов відповідного мікроклімату організується впровадженням приладів кондиціонування повітря і контролю мікроклімату[26].

За класифікаційними ознаками праця водія тролейбуса має ступінь II б категорії важкості через потребу реалізації значної фізичної напруги; а також враховувати незмінне положення тіла водієм за протягом зміни [20]. Ці фактори враховують для оцінювання мікроклімату в припустимих значеннях температури й вологості повітря у його відділенні [26]. Відповідно до встановленої категорії забезпечуються такі оптимальні значення температури повітря в теплий період року 20...22 °С, в холодний – 20...22 °С, а і відносна вологість у відділенні водія має перебувати в межах 40...60 %.

Належні параметри мікроклімату забезпечується такими заходами:

- обладнанням відділення водія системою регульованої вентиляції в теплий період року, щоб створити умови необхідної швидкості повітряного потоку залежно від температури повітря в робочому середовищі;
- обладнанням відділення водія регульованою системою обігріву в холодний період року;
- впровадженням сучасного кондиціонування та очищення повітря;
- створенням поліпшеної герметизації і теплоізоляції відділення водія шляхом ущільнення вікон, щоб до нього не потрапляли шкідливі речовини і не надходило холодне повітря.

Для забезпечення оптимального мікроклімату у відділенні водія тролейбуса виконаємо розрахунок повітрообміну за формулою [20]

$$P_{об} = O_{вв} \cdot K_{по}, \quad (4.1)$$

де $P_{об}$ – необхідна витрата повітря, м³/год;

$O_{вв}$ – внутрішній об'єм простору відділення водія (зазвичай становить 2,5...3,5 м³);

$K_{по}$ – необхідна кратність значення повітрообміну (для відділення водія рухомого складу $K_{по}$ приймають в межах 6...10 змінювань на годину).

$$P_{об} = 3,5 \cdot 8 = 28 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Оскільки для відділення водія, що не має природного провітрювання, згідно з санітарними нормами, потрібно забезпечувати подачу свіжого повітря на одну особу в обсязі не менше 30... 60 м³, то вентиляційна система або система кондиціонування мають забезпечувати продуктивність повітряобміну на рівні цієї величини.

Для зменшення вібрацій використовують два шляхи: 1) направлені на зниження віброактивності джерела вібрацій (покриття дороги, двигуна); 2) впровадження засобів віброізоляції шляхом впровадження гнучких підресорених елементів між джерелом вібрації і об'єктом віброзахисту [23]. Зменшенню впливу вібрацій і прискорень на організм водія сприяють додаткові тренування його вестибулярного апарата: під час виконання вправ на батуті, перекладання, тренування прискорень на гойдалках або центрифугах.

Зменшення шуму від елементів транспортного засобу може досягатися різними конструкційними підходами: зниженням амплітуди і кількості ударних процесів, підвищенням якості оброблення контактуючих деталей, посиленням жорсткості в картерах агрегатів, удосконаленням конструкції повітряних очисників, встановленням додаткових опор у карданних передачах, застосуванням шин з надійним рисунком протектора й тощо.

Освітленість в відділенні водія і в салоні тролейбуса має забезпечуватися залежно від місця падіння світлового пучка: не менше 75 лк – у місцях розташування сидіння на рівні 0,86 м відносно підлоги; не менше 10 лк – у зоні підніжок від рівня підлоги [28].

Розсіювання освітленості в салоні тролейбусної машини має бути не менше ніж 1 : 2 (це є відношення значення мінімальної освітленості до максимальної). У салоні тролейбуса має бути передбачено запасне освітлення пасажирського простору люмінесцентними лампами, що живляться від

аккумуляторних батарей. Освітленість у проходах між сидіннями й накопичувальних майданчиків має бути не менше ніж 0,5 лк [20].

Підвищення обізнаності щодо питань охорони праці робітників є навчання і підвищення кваліфікації за допомогою впровадження відповідних технічних засобів отримання навичок.

Практика підготовки водіїв на сьогодні застосовує значну кількість різних засобів, які розділяють на такі головні групи:

1) плакати, макети, стенди, моделі, пристрої кіно-, відео- і діапроекції для вивчення і розуміння правил дорожнього руху;

2) моделі, стенди, розрізи, пристрої кіно-, відео- і діапроекції для вивчення технічної частини і експлуатаційних характеристик рухомого складу, його допоміжного обладнання, засобів ремонту і технічного обслуговування;

3) навчальний рухомий склад, тренажери, стенди для формування і закріплення практичних навичок водія;

4) прилади і пристрої, тренажери, установки для контролю набутих знань і навичок водіїв і їхніх дій під час керування.

Охорона праці передбачає забезпечування електробезпеки на троллейбусних машинах. Розташування електричного обладнання на троллейбусній машині має бути таким, щоб виключити можливість пасажиром торкнутися струмоведучих частин. Впроваджені вимоги до вимикачів та запобіжників, які мають бути промарковані для позначення значення робочого струму та їхнього типу. Вимикачі позначають для вказівки вимкненого/ввімкненого положення. Низьковольтні прилади мають ізолюватися від високовольтних. Заборонено інтегрувати на троллейбусі та вимикачі, різні вставки і запобіжники, що не відповідають встановленому зразку. [29].

На троллейбусній машині має встановлюватися захисне заземлення. Його виконують так. На корпусі контролера під металевими кожухами, де розміщене високовольтне обладнання, на корпусах шунтів (окрім тих, що

встановлені на даху), приєднуються кабелі або мідні дроти перерізом не менше 10 мм² до корпусу тяглого електродвигуна та до рами кузова. Крипінні деталі для монтування електричного обладнання, що має струмоведучі частини, не мають виступати всередину салону або мати з'єднання з металевими елементами. Якщо такого з'єднання не можливо уникнути, то їх потрібно заземлювати. Необхідно перевіряти під час кожного ремонту надійність та справність заземлення.

Низьковольтна мережа троллейбусної машини повинна забезпечуватися двох-провідниковою системою та опірною ізоляцією відносно корпусу, в вологу погоду складати не менше 0,5 МОм [29].

Порушення правил експлуатації електроустаткування може призвести до короткого замикання в електроустановках, перевантаження проводів, пошкодження ізоляції проводів, іскріння, невправність масло-наповнювальних апаратів та контактних з'єднань, несправності опалювальних приладів та термічних печей [20, 25, 30], що може викликати пожежу.

Водій у випадку виникненні пожежі на троллейбусній машині має виконати такі дії [6, 25]:

- негайно зупинитися і загальмувати троллейбус зтягуванням стоянкового гальма;
- вимкнути ланцюг керування;
- відкриваючи всі двері для виходу пасажирів, надати їм вказівку швидко покинути салон троллейбусу;
- відняти штанговий струмоприймач від проводу і надійно закріпити на троллейбусі;
- проводити гасіння вогню вогнегасником;
- якщо полум'я розгортається, необхідно викликати пожежну бригаду;
- після закінчення пожежі водій має обов'язково сповістити про інцидент центрального диспетчера.

4.4 Висновки за розділом 4

У розділі «Охорона праці» на підставі проаналізованих умов роботи водія тролейбусу були виявлені небезпечні шкідливі фактори, які розділені на окремі категорії.

Розроблена низка організаційних і технічних заходів, що спрямовуються на досягнення безпечних і нешкідливих умов праці на маршрутах тролейбусів, а саме:

- зазначені вимоги до випуску з депо тролейбусних машин;
- визначений набір комплектації тролейбусної машини засобами безпеки;
- розглянуті питання організації праці та відпочинку водіїв;
- встановлення відповідності мікроклімату робочого місця водія вимогам стандартів;
- визначені заходи забезпечення електробезпеки водія і пасажирів на тролейбусній машині і дії водія, якщо її порушення призводить до пожежі.

Вчасне задіяння розроблених в цьому розділі заходів з охорони праці, які базуються на законодавчих актах і нормативних документах, забезпечить безпечні, комфортні умов праці водіїв тролейбуса.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані існуючі методи та засоби контролю параметрів гальмівних систем рухомого складу. Розглянуті моделі визначення ефективності спрацювання гальмівної системи за загальними показниками і працездатністю окремих елементів. Зазначено, що кожний підхід до оцінювання стану гальмівної системи не є універсальним і найбільш інформативним є підхід, який містить елементи комплексної оцінки показників.

2. Проаналізовані засоби оцінювання працездатності гальмівних пристроїв, до яких належать: польові випробування; випробування на стендах. Для оцінювання гальмівних систем тролейбусів реальними в застосуванні є такі стенди: роликові інерційні і силові; майданчикові інерційні і силові. Обґрунтована важливість оцінювання стану гальмівних систем рухомого складу на лінії з автоматичним передаванням інформації до центрального диспетчерського пункту

3. Діагностування гальмівної системи на лінії уможливорює накопичування інформації щодо відмов рухомого складу в базі даних; встановлення непрацездатності гальмівного обладнання на найраніших його стадіях.

4. Розроблено пристрій оцінювання спрацювання гальмівної системи, який має блок пам'яті, до якого записується інформація про довжини гальмівних шляхів і поточного часу вимірювання, визначати стан гальмівної системи за довжиною гальмівного шляху.

Принцип дії запропонованого пристрою заснований на визначенні початкових умов виникнення гальмівного перевантаження в момент ввімкнення гальмівної системи з подальшим порівнянням поточної маси тролейбуса із заданим значенням, а також порівнянням поточних зусиль на педалі гальма із заданим значенням. Пристрій має вібраційний датчик, обчислювач, блок оброблення сигналів, блок визначення довжини

гальмівного шляху, блок зберігання і передачі даних, приймальну і передавальну антени, індикатор напрямку й величини гальмівного перевантаження, індикатор перевірки стану гальмівної системи.

5. У розділі «Охорона праці» розроблені організаційні і технічні заходи, що сприяють створенню нешкідливих і безпечних умов роботи водіїв тролейбусу на маршрутах міської мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розводюк М. П. Математичні моделі для вдосконалення методів оцінки стану та відновлення основних електротехнічних систем міських трамваїв : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03; Вінницький національний технічний ун-т. Вінниця, 2004. 158 с.
2. Далека В. Х. Наукові основи ресурсозбереження при експлуатації міського електричного транспорту : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22 ; Нац. транспортний ун-т. К., 2005. 40 с.
3. Мокін Б. І., Бурденюк С. І., Гурильова Н. В. Проблеми та перспективи експлуатації засобів електротранспорту в функції їх стану. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2000. № 6. С. 22–25.
4. Далека В. Х. Технічна експлуатація електричного транспорту. Технічна експлуатація транспортних засобів : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. Х. Далека, В. М. Шавкун, О. С. Козлова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 169 с. <https://surl.li/cmzxqc>
5. Далека В. Х., Фуртат С.О. Особливості діагностування гальмівних систем транспортних засобів з електроприводом. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіля та дорожника «Сучасне автомобілебудування, автотехнічна експертиза, експлуатація автомобільного транспорту та підготовка фахівців галузі транспорт» 22-23 жовтня 2024 року ХНАДУ, Харків 2024. С.256-259.
6. Правила експлуатації трамвая та тролейбуса: затв. наказом Міністерства інфраструктури України 03.02.2020: чинний з 17.04.2020. [Електронний ресурс]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0353-20>.
7. Кульбашна Н. І. Безпека руху та гальмівні системи : конспект лекцій для для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Електромеханіка» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – 2022. – 118 с.

8. Коваленко А. В., Шавкун В. М., Ліньков В. В. Діагностування рухомого складу електричного транспорту : конспект. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 252 с.

9. ГСТУ 204.04.05.002:2004. Системи гальмівні трамвайних вагонів та тролейбусів. Експлуатаційні вимоги до ефективності гальмування та методи контролю. – Чинний від 2004-06-21. – Київ : Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства, 2004. – 24 с. (Стандарт Держжитлокомунгоспу України).

10. ДСТУ 4876:2019. Вагони трамвайні пасажирські. Загальні технічні вимоги [Електронний ресурс]. – Чинний від 2020-01-01. – Наказ про прийняття та скасування національних стандартів № 62 від 18.03.2019. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82364, вільний (дата звернення 20.01.2022). – Назва з екрана. (Національний стандарт України).

11. ДСТУ 4224:2003. Трамвайні вагони. Системи гальмівні. Загальні технічні вимоги. – Чинний від 2003-09-15. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. – 16 с. (Національний стандарт України).

12. Pat. № 6405117 US, IC B60T8/88, G01L5/28, B60T17/18, B60T17/22, G06G7/76(0), G06F19/0(0). Method of diagnosing a vehicle brake system using brake pedal position and vehicle deceleration / Allen John Walenty, Kevin Gerard Leppek, David Alan Thatcher.; applicantand 106the patentee General Motors Corporation ; claimed 21.06.2001 ; published 11.06.2002

13. Патент на корисну модель № 147024. Лічильник гальмівного шляху. Дата прийняття 07.04.2021, бюл. № 14/2021

14. Шевчук Ю.В. Алгоритм та пристрій для визначення дійсного механічного гальмівного моменту трамвайного вагона на маршруті / Ю. В. Шевчук // Оптимальне керування електроустановками : І міжнародна

науково-техн. конф., 25–27 жовтня 2011 р. : тези допов. – Режим доступу : http://conf.vntu.edu.ua/energo/2011/tezy_dopov.pdf.

15. Фізичні основи сенсорики: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Коваль. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,98 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 130 с.

16. Подригало М. А., Холодов М. П., Побережний А. А. Динаміка гальмування автомобіля з ідеальним інерційним рушієм. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2021. Вип. 2 (38). С. 17 – 21

17. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Введ. 01.07.2011]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 28 с.

18. Конституція України.

19. Закон України «Про охорону праці», К, 2002.

20. Серіков. Я. О. Основи охорони праці: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. Харків: ХНАМГ, 2007. 227с.

21. ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002 р. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, Київ. 2001 р.

22. Основи охорони праці: навчальний посібник /За ред. проф. В.В. Березуцького. Х.: Факт, 2005. 480 с.

23. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги. Наказ від 20.10.2008 № 366.

24. Положення про робочий час і час відпочинку водіїв трамвая і тролейбуса. Затверджено наказом Держжитлокомунгоспу України 06.12.2004 № 217, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 17.12.2004 за № 1596/10195.

25. НПАОП 60.2–1.01–06–2006. Правила охорони праці на міському електричному транспорті. – затверджено 2006–08–21. – Київ : Міністерство надзвичайних ситуацій України. – 28 с.

26. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Наказ 25.01.2013 № 24 . дата введення в дію змінена на 01.01.2014 р.

27. ДСН 3.3.6.042 – 99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова Міністерство охорони здоров'я від 01.12.1999 р. № 42.

28. ДБН В.2.5-28-2006. Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – Чинний з 01.10.2006.

29. Правила улаштування електроустановок. Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476, 617 с.

30. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.