

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ, ІНФОРМАЦІЙНОЇ
ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ
НА РУХОМОМУ СКЛАДІ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:

Даніїл ЧЕРНОВ

гр. СТ-2023-1у

Керівник:

Надія КУЛЬБАШНА

доцент, к. т. н.

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

 Микола ХВОРОСТ

« _____ » _____ 2026 р.

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

Чернов Даніїл Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема: Вдосконалення пристрою для оцінювання ефективності гальмівної системи під час застосування на рухомому складі міського електротранспорту

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

затверджені наказом університету №440-03 від 22.05.2026

2. Строк подання студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи. 1. Пристрої для вимірювання ефективності гальмівних систем. 2. Характеристики гальмівної системи.

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

1. Способи оцінювання ефективності гальмівних систем транспортних засобів.

1.1 Параметри оцінювання стану гальмівних систем 1.2. Пристрої, які використовують для оцінювання гальмівних систем транспортних засобів. 1.3 Характеристика пристрою Ефект-2. 1.4. Обґрунтування необхідності модернізації пристрою Ефект-2 для використання на рухомому складі.

2. Шляхи модернізації пристрою для оцінювання ефективності гальмівної системи тролейбусної машини. 2.1. Пристрій для визначення маси тролейбусу.

2.2. Розроблення пристрою для встановлення коефіцієнта зчеплення колеса з поверхнею дороги під час гальмування 2.3 Алгоритм роботи модернізованого пристрою Ефект-2.

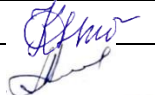

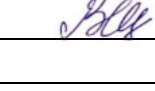
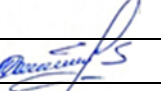

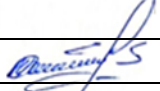

3. Розрахункова частина: розрахунок гальмівних параметрів тролейбусу.

4. Охорона праці

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

1. Титульний лист. 2. Перелік графічного матеріалу. 3. Мета і завдання роботи. 4. Пристрої для оцінювання стану гальмівної системи транспортних засобів. 5. Загальний вигляд вимірювача ефективності гальмівних систем «Ефект-2». 6. Блок-схема пристрою «Ефект-2» зі шляхами модернізації. 7. Пристрій для визначення маси тролейбусної машини. 8. Оцінка наповнення салону за вихідними сигналами давача. 9. Пристрій для вимірювання величини коефіцієнта зчеплення колеса з поверхнею дороги під час гальмування. 10. Висновки.

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Головна частина	Надія КУЛЬБАШНА, доц.		
Охорона праці	Микола МОРОЗ, доц.		
Антиплагіат	Вікторія ЛЕВЧЕНКЮ, інж.		
Нормоконтроль	Вячеслав ШАВКУН, доц.		

7. Дата видачі завдання 05.05.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз параметрів гальмівної системи	25.05.26	
2.	Аналіз пристрою оцінки гальмівної системи	30.05.26	
3	Розробка пристрою визначення ваги	04.06.26	
4	Пристрій для визначення зчеплення колісного транспортного засобу	08.06.26	
5.	Розробка заходів з охорони праці	12.06.26	
6.	Оформлення паперового та електронного варіантів роботи	16. 06.26	
7.	Підготовка доповіді та презентації	19. 06.26	


Здобувач


(підпис)

Даніїл ЧЕРНОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Надія КУЛЬБАШНА

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

У першому розділі розглянуто способи оцінювання ефективності гальмівних систем транспортних засобів. Проаналізовано основні показники ефективності гальмування: Виконано огляд існуючих вимірювальних пристроїв — «п'яте колесо», оптичний комплекс CORRSYS-DATRON, деселерометри, прилад «Вегас» — та детально розглянуто характеристики і принцип роботи пристрою «Ефект-02». Обґрунтовано необхідність його модернізації для застосування на рухомому складі міського електричного транспорту.

У другому розділі розроблено шляхи модернізації пристрою «Ефект-02». Запропоновано систему автоматичного визначення маси тролейбуса на основі датчиків тиску серії GNOM, що монтуються у пневматичну підвіску. Розроблено пристрій для визначення коефіцієнта зчеплення колеса з дорожнім покриттям під час гальмування з урахуванням швидкості руху. Описано алгоритм роботи та структурну схему модернізованого пристрою з додатковими блоками: АЦП, GPS-антенною, GPS-приймачем, контролером та портативним накопичувачем інформації.

У третьому розділі виконано розрахунок гальмівних параметрів тролейбуса методом інтервалів швидкостей: визначено гальмівний шлях, час гальмування та побудовано криву гальмування.

У четвертому розглянуто питання безпеки праці майстра з обслуговування бортових пристроїв оцінювання ефективності гальмівних систем. Виявлені 10 небезпечних та шкідливих виробничих факторів на робочому місці. Розроблено організаційні та технічні заходи щодо захисту працівника.

Бакалаврська кваліфікаційна робота містить 61 сторінку, 15 рисунків, 12 формул, 32 літературних джерела, 11 слайдів презентації.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1 СПОСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	10
1.1 Параметри оцінювання ефективності спрацювання гальмівних систем.....	10
1.2 Пристрої, які використовують для оцінювання гальмівних систем транспортних засобів	12
1.3 Характеристика пристрою «Ефект-02».....	15
1.4 Обґрунтування необхідності модернізації пристрою «Ефект-2» для використання на рухомому складі	23
2 ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТРОЛЕЙБУСНОЇ МАШИНИ.....	26
2.1 Пристрій для визначення маси тролейбусу.....	26
2.2 Розроблення пристрою для встановлення коефіцієнта зчеплення колеса з поверхнею дороги під час гальмування	27
3 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ.....	
3.1 Методи визначення довжини гальмівного шляху.....	
3.2 Розрахунок гальмівних параметрів тролейбусу	30
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1 Вступ.....	48
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	51
4.3 Організаційно-технічні заходи з забезпечення безпеки.....	53
4.4 Висновки до розділу 4.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Міський електричний транспорт — трамваї та тролейбуси відіграє важливу роль у забезпеченні пасажирських перевезень у великих містах України. Щодня ці транспортні засоби перевозять тисячі пасажирів, і від надійності їхніх технічних систем безпосередньо залежить безпека людей. Серед усіх систем транспортного засобу гальмівна система займає особливе місце, оскільки саме вона забезпечує можливість зупинки рухомого складу в будь-який момент і за будь-яких умов руху.

Незважаючи на постійний розвиток технологій та вдосконалення конструкцій транспортних засобів, питання діагностики та контролю стану гальмівних систем залишається надзвичайно актуальним. Відмова або недостатня ефективність гальм може призвести до серйозних наслідків — дорожньо-транспортних пригод, травмування пасажирів та пошкодження рухомого складу. Саме тому регулярна перевірка гальмівних систем є обов'язковою умовою безпечної експлуатації міського електротранспорту.

Ефективність гальмівної системи оцінюється за кількома ключовими показниками. Основним із них є гальмівний шлях що залежить від початкової швидкості руху, коефіцієнта зчеплення коліс із дорожнім покриттям, стану гальмівних механізмів та інших факторів; уповільнення, що показує інтенсивність зміни швидкості під час гальмування, та час спрацювання гальмівної системи.

Для вимірювання цих параметрів у реальних умовах експлуатації використовується ціла низка спеціалізованих приладів і систем. Кожен із них реалізує власний принцип роботи та призначений для вирішення конкретних діагностичних завдань. Серед найбільш поширених засобів вимірювання слід відзначити пристрій «п'яте колесо», яке механічним способом фіксує пройдений шлях і на його базі розраховує швидкість та уповільнення. Поряд із ним застосовуються сучасніші рішення — зокрема оптичний вимірювальний комплекс CORRSYS-DATRON, який визначає параметри руху безконтактним

методом оптичної кореляції, аналізуючи мікрорельєф дорожнього покриття. Окреме місце займає діагностичний стенд «Вегас», призначений для комплексної оцінки стану гальмівних систем безпосередньо на станціях технічного обслуговування.

Попри різноманіття доступних засобів вимірювання, найбільш широко поширеним портативним прибором для перевірки гальмівних систем в умовах реальної експлуатації є вимірювач «Ефект-02» виробництва компанії «Політехносервіс». Він визначає стале уповільнення, пікове значення зусилля на педалі гальма, гальмівний шлях, час спрацювання гальмівної системи, початкову швидкість гальмування та лінійне відхилення транспортного засобу. Завдяки компактності та простоті використання прилад широко застосовується як під час державного технічного огляду, так і в повсякденній експлуатації рухомого складу.

Разом із тим, наявний пристрій «Ефект-02» має певні обмеження, що суттєво ускладнюють його використання на міському електротранспорті. Зокрема, для проведення вимірювань оператор змушений вручну вводити низку вхідних даних про транспортний засіб — масу, категорію, рік виготовлення тощо. Для трамваїв і тролейбусів маса є змінною величиною, оскільки залежить від кількості пасажирів у салоні в конкретний момент часу, що робить ручне введення цього параметра неточним і незручним. Крім того, коефіцієнт зчеплення коліс із рейками або дорожнім покриттям суттєво змінюється залежно від швидкості руху та стану поверхні, і якщо його не враховувати, точність оцінки гальмівного шляху значно знижується.

Для усунення цих недоліків та адаптації пристрою до роботи на трамваях і тролейбусах виникає необхідність розробки додаткових систем. По-перше, потрібна система автоматичного визначення поточної маси рухомого складу разом із пасажирями. Для цього доцільно використовувати давачі осьового навантаження, які монтуються в пневматичну підвіску транспортного засобу і вимірюють тиск повітря в пневматичних подушках. Оскільки між тиском і навантаженням на вісь існує лінійна залежність, такі давачі дають змогу розраховувати поточну масу з точністю від 1 до 3%. Одним із перспективних

рішень у цьому напрямку є давачі серії GNOM, які випускаються як у дротовому, так і в бездротовому виконанні з підтримкою Bluetooth.

По-друге, необхідна система автоматичного визначення поточного коефіцієнта зчеплення, який, як відомо, суттєво залежить від швидкості руху транспортного засобу. Оскільки прилад «Ефект-02» вже вимірює початкову швидкість гальмування, на її базі можна розраховувати поточне значення коефіцієнта зчеплення та використовувати його для коригування нормативних значень гальмівного шляху. Такий підхід дасть змогу отримувати об'єктивне оцінювання ефективності гальмівної системи з урахуванням реальних умов руху.

Таким чином, метою даної роботи є розробка підходів до модернізації пристрою «Ефект-02» для забезпечення його ефективної роботи на рухомому складі міського електричного транспорту, що працюють на лінії.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

1. Виконати порівняльний аналіз існуючих пристроїв для оцінювання дії гальмівних систем транспортних засобів з акцентом на характеристики та принцип роботи пристрою «Ефект-02».

2. Розробити модернізацію пристрою «Ефект-02» шляхом доповнення його системами визначення маси рухомого складу та коефіцієнта зчеплення і ідентифікації рухомого складу і водія.

3. Провести розрахунок гальмівного шляху за методом інтервалів швидкостей.

4. Розробити заходи з охорони праці.

1 СПОСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Параметри оцінювання ефективності спрацювання гальмівних систем

Загальноприйнятими показниками ефективності гальмування є гальмівний шлях, значення уповільнення, час спрацювання гальмівної системи [1].

Ефективність гальмування: оцінюється гальмівним шляхом, що є довжиною, що проходить транспортний засіб під час гальмування, починаючи з певної швидкості до повної зупинки.

Для того щоб розрахувати гальмівний шлях використовують формулу:

$$\Gamma_{ш} = Ш_{нг} \cdot Ч_{сг} + 0,5U_{ср} (0,5Ч_{ну}^2 + Ч_y^2), \quad (1.1)$$

де $\Gamma_{ш}$ – гальмівний шлях, м;

$Ш_{нг}$ – швидкість початку гальмування, м/с;

$Ч_{сг}$ – час запізнення спрацювання гальмівної системи, с;

$U_{ср}$ – усталене сповільнення рухомого складу, м/с²;

$Ч_{ну}$ – час наростання уповільнення трамвайного вагону, с;

$Ч_y$ – час усталеного гальмування, с.

Визначення гальмівного шляху зазвичай виконується за допомогою спрощеної формули [2]:

$$\Gamma_{ш} = \frac{Ш_{нг} \cdot K_{ефг}}{254(\psi \pm i)}, \quad (1.2)$$

де $Ш_{нг}$ – швидкість початку гальмування, км/год;

$K_{ефг}$ – коефіцієнт ефективності гальмування;

ψ – коефіцієнт зчеплення;

i – ухил, ‰.

Наступним показником ефективності гальмування є уповільнення: Величина уповільнення – це максимальна інтенсивність змінювання швидкості, що досягається під час гальмування. Уповільнення повинно бути комфортним для пасажирів, без різких поштовхів чи ривків. Середнє сповільнення зазвичай не повинно перевищувати комфортні межі (наприклад, $1.5\text{--}2.0\text{ м/с}^2$), за винятком екстреного гальмування, яке реалізується з уповільненням для рухомого складу міського електричного транспорту на рівні $2,5\text{--}4,0\text{ м/с}^2$ [3].

Ще показником ефективності гальмування є час спрацювання гальмівної системи: швидкість реакції гальмівної системи після натискання педалі гальма водієм.

Для пневматичних гальмівних систем міського електротранспорту час спрацювання зазвичай складає до $0,6\text{--}0,8$ секунди, згідно з технічними стандартами безпеки [9,18].

Щоб перевірити, як працюють електродинамічне та механічне гальма, водій має розігнати транспортний засіб до швидкості 40 або 20 км/год та виконати службове гальмування. Водночас він стежить за показаннями амперметра в колі двигунів і вимірює, яку відстань проїхав трамвай до повної зупинки — орієнтиром слугують опори контактної мережі. Якщо гальмування розпочалося зі швидкості 40 км/год , то зупинка має статися не далі ніж через 45 м , а якщо зі швидкості 20 км/год — не далі ніж через 12 м .

Коли ж перевіряють одночасно роботу електродинамічного, механічного та магнітнорейкового гальм, умови дещо змінюються. Водій розганяється до 20 км/год і виконує вже не службове, а екстрене гальмування. За нормою, на сухих та чистих рейках гальмівний шлях не повинен перевищувати $5,5\text{ м}$ [3].

Дещо інакше організовано перевірку для тролейбусів. Тут екстрене гальмування виконується зі швидкості 40 км/год : водій натискає педаль гальма до кінця і фіксує, де зупинилася машина. На сухому та чистому дорожньому покритті гальмівний шлях не повинен перевищувати 21 м . Якщо ж із міркувань безпеки провести таке гальмування на швидкості 40 км/год неможливо — наприклад, через інтенсивний рух на проїжджій частині — допускається

виконати перевірку зі швидкості 20 км/год. У такому випадку гальмівний шлях становить 15 м, що відповідає половині відстані між опорами контактної мережі, а гальмівний шлях має бути не більше ніж 5 м.

Не менш важливим показником є уповільнення, знаходимо за формулою [4]:

$$U_{\text{ср}} = \varphi \cdot g \cdot P_{\text{кеф}}, \quad (1.3)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення шин з дорогою;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$P_{\text{кеф}}$ – коефіцієнт поправки ефективності гальмування.

Під час екстреного гальмування, коли одночасно задіяні пневматика та електрогальмо, воно має бути не меншим за 3,0–3,5 м/с². Службове ж гальмування є значно плавнішим — сповільнення обмежується значенням 1,5–1,8 м/с², адже в салоні можуть їхати пасажирки, що стоять. Також нормується час спрацювання пневматичного приводу — від моменту натискання педалі до моменту, коли тиск досягає гальмівних камер. Їй період не повинна перевищувати 0,6 секунди [5].

Стоянковий гальмо повинен надійно утримувати повністю навантажений троллейбус на ухилі у 15% скільки завгодно довго. Окремо оцінюється синхронність спрацювання гальм — різниця між гальмівними силами лівого та правого колеса однієї осі не повинна перевищувати 20%, інакше виникає ризик занесення.

Оскільки гальма троллейбуса працюють на стисненому повітрі, а не на гідравліці, окремим показником є стан компресора та герметичність усієї пневматичної системи. Робоче тиск повітря в системі має підтримуватися в діапазоні 0,60–0,90 МПа. Герметичність перевіряється так: компресор включають і спостерігають, як швидко падає тиск. У спокійному стані допускається зниження не більше ніж на 0,05 МПа за 30 хвилин, а з натиснутою педаль — за 15 хвилин. Час, за який компресор накачує систему з нуля до робочого тиску, також регламентується заводом-виробником [1,17].

Одним із головних діагностичних показників пневматичного гальмівного приводу є хід штока гальмівної камери — тобто відстань, яку шток проходить в момент подачі стисненого повітря. У справному стані цей параметр повинен перебуває в межах 25–40 мм. Якщо ж хід збільшується до 50 мм і більше, це означає, що механізму потрібно подолати надто велике відстань до моменту, коли робочі поверхні увійдуть у контакт.

Для визначення того, наскільки рівномірно розподіляються гальмівні зусилля між лівим і правим колесами однієї осі колісного транспортного засобу, використовують коефіцієнт нерівномірності гальмівних сил k_n , який обчислюється за формулою [2]:

$$k_n = \frac{G_{слк} - G_{спк}}{G_{слк} + G_{спк}}, \quad (1.6)$$

де $G_{слк}$ — гальмівні сили лівого колеса однієї осі;

$G_{спк}$ — гальмівні сили правого колеса однієї осі.

Стан спрацювання гальмівних систем може бути оцінений за вимірюванням температури нагрівання гальмівних колодок. Яка під час міської їзди (з частими зупинками) досягає 100–300°C. У разі екстреного гальмуванні або тривалому гальмуванні на спуску температура може короткочасно підніматися до 400–600 С і вище. Однак, постійний перегрів понад 500-600°C призводить до втрати ефективності гальмування («фединг») та прискореного зносу [9].

1.2 Пристрої, які використовують для оцінювання гальмівних систем транспортних засобів

Для оцінювання гальмівних систем транспортних засобів використовують різноманітні вимірювальні пристрої, які уможливають визначати ключові параметри гальмування в реальних умовах експлуатації. Кожен із них базується на власному принципі роботи та призначень для вирішення конкретних діагностичних завдань. Серед таких засобів вимірювання виділяють оптичний давач, діагностичний стенд «Вегас», а також один із найвідоміших і перевірених

пристроїв який визначає час пристроїв — «п'яте колесо», який і розглянемо детальніше (рис. 1.1).

Щоб перевірити, наскільки швидким може бути той чи транспортний засіб, інженери використовують спеціальне вимірювальне обладнання. Одним із найпоширеніших рішень є прилади серії ПВС. Їхнє головне завдання — фіксувати, яку відстань проїхав транспортний засіб, скільки годин на це пішло і з якою швидкістю він рухався. Зазвичай такий прилад складається з двох основних частин: додаткового колеса, яке котиться поруч із машиною, та записувального блоку, що відображає всі змінювання швидкості у вигляді графіка або цифрових значень. Раніше ці прилади були суто механічними, але зараз їх замінюють на більш точні електронні версії. Наприклад Харківський національний автомобільно-дорожній університет розробив власний мобільний вимірювальний комплекс, який виконує ті самі функції, але значно ефективніший [6].

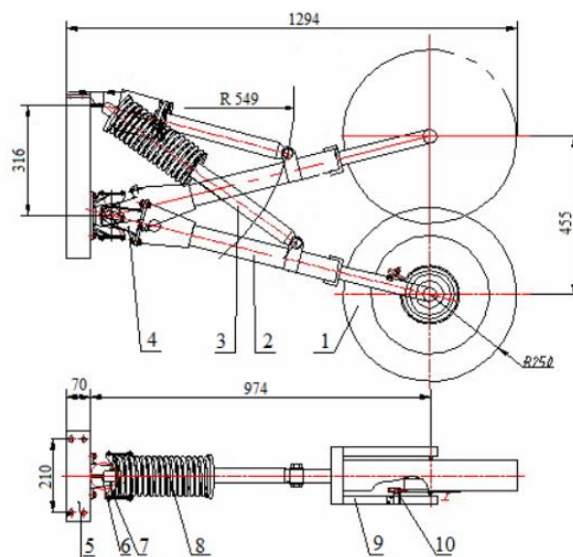


Рисунок 1.1 – Пристосування «п'яте колесо» [6]

Окремо варто розглянути питання вимірювання швидкості транспортного засоба саме у момент гальмування. Для цього також використовують «п'яте колесо», яке через гнучкий вал передає інформацію про обертання до записувального пристрою. Тієї, своєю чергою, наносити на стрічку або

паперовий диск графік залежності швидкості від пройденого шляху. Паралельно на цьому ж графіку автоматично відзначаються годинні проміжки, що дає змогу отримати повну картину процесу гальмування .

Пристосування, створене для вимірювання відстані, пройденої цією транспортною засобом під час зменшення швидкості, на підставі якої надалі розраховуються його характеристики гальмування. Конструктивне обладнання, зображене на (рис 1.1), включає додаткове колесо 1, закріплене на вилці 9, та давача обертів 10, що фіксує кількість обертів колеса. Підвіска пристрою реалізована через важіль 2, пружину 8, амортизатор 3 і чашку 7, які разом забезпечують стабільний контакт колеса з дорожньою поверхнею. Уся конструкція монтується на транспортному засобі за допомогою кронштейна 5, верхнього шарніра 6 та карданного шарніра 4, що забезпечує необхідну рухливість і надійність кріплення [6].

Принцип роботи давача досить простий. На осі колеса закріплено зубчастий диск, а поряд із ним нерухомо на вилці розміщена котушка індуктивності. Коли колесо обертається разом із диском, у котушці виникають електричні імпульси. Чим швидше крутиться колесо і що більше зубців має диск то частіше з'являються ці імпульси. Саме за цією частотою система і визначає кутову швидкість обертання колеса [6].

Усі подальші обчислення — відстань, швидкість, витрачений час виконуються вже автоматично за допомогою програмного забезпечення, що вбудоване в електронний блок приладу. Однак у цього методу є і свої суттєві мінуси. Головна проблема полягає в тому, що прикріпити «п'яте колесо» до транспортного засобу досить некомфортно і складно. До того ж сам пристрій має значно більші розміри та масу порівняно з іншими подібними засобами вимірювання, що робить його менш зручним у використанні на практиці (рис. 1.2) .



Рисунок 1.2 – Спосіб монтажу пристрою «п'яте колесо» на транспортному засобі [6]

Якщо ж потрібно виміряти не швидкість, а саме величину уповільнення транспортного засобу, то тут на допомогу приходять прилади, які називають деселерометрами. Принцип їхньої роботи ґрунтується на інерції — тобто на тому, що тіло намагається зберегти свій стан руху. У рідинних деселерометрах цю інерцію «відчуває» ртуть або інша легко рухома рідина, що перебуває в похилій трубці. Коли транспортний засіб гальмує, рідина зміщується, і за тим, наскільки підвищився її рівень, можна визначити величину уповільнення — шкала одразу показує результат у м/с^2 . У механічних версіях таких приладів замість рідини використовують невеликий вантажник, який через систему важелів рухає стрілку покажчика або активує друкувальний механізм. Також передбачена можливість зафіксувати найбільше значення уповільнення за допомогою спеціального фіксатора .

Розглянемо оптичний давач (рис. 1.3), який використовують теж для оцінювання ефективності системи. Попри всі свої переваги цей прилад має один серйозний недолік — надзвичайно високу ціну. Лише за один давач, що вимірює динаміку руху в одному напрямку, доведеться викласти близько 6400 євро, а повноцінна вимірювальна система обійдеться вже у 30–40 тисяч євро. Для більшості організацій це дуже велика сума[6].

Разом з тим, цей спосіб вимірювання має низку суттєвих переваг, які виділяють його серед інших. По-перше, вся зібрана інформація одразу обробляється у цифровому вигляді безпосередньо на комп'ютері, що значно

спрощує аналіз результатів. По-друге, точність вимірювань давача сягає 0,1%, що є дуже високим показником. По-третє, і це, мабуть, найголовніше — систему можна швидко встановити практично на будь-який транспортний засіб, незалежно від його типу чи класу. Це робить пристрій універсальним інструментом для широкого кола випробувань.

Варто також зазначити, що технологія ще не досягла своєї фінальної форми — розробники постійно працюють над її удосконаленням. Наразі одним із технічних обмежень залишається динамічний діапазон частоти давача, який поки що перебуває в межах від 2 до 9 Гц.



Рисунок 1.3 – Оптичний комплекс від фірми «Datron», що оцінює гальмівну систему під час динаміки транспортного засобу [6]

На базі роботи оптичного комплексу CORRSYS-DATRON лежить досить цікавий підхід – метод оптичної кореляції. Його головна перевага полягає в тому, що він уможлиблює визначати параметри руху транспортного засобу повністю безконтактно, тобто без жодного механічного зв'язку з дорогою. Замість цього система аналізує мікрорельєф дорожнього покриття — іншими словами, вивчає дрібні нерівності та особливості поверхні прямо під давачем [7].

Працює це так: потужне освітлення, вбудоване прямо в корпус давача, направляє рівномірний світловий промінь на ділянку дороги, що перебуває безпосередньо під пристроєм. Шкірна дорожня поверхня — чи це асфальт, бетон чи бруківка — має свою унікальну текстуру, утворену дрібними камінцями,

царапинами, порами та іншими мікронерівностями. Саме завдяки цій унікальності поверхня відбиває світло по-своєму, створюючи характерний візерунок відбиття, яке система і використовує для подальших розрахунків.

Відбитий від дороги світло потрапляє в об'єктив давача і фокусується на спеціальному елементі — призматичній решітці, яка фактично працює як просторовий фільтр. Як тільки транспортний засіб починає рухатися, зображення дорожніх нерівностей починає зміщуватися щодо цієї ґрати. Проходячи крізь неї, світловий потік то переривається, то пропускається далі — тобто відбувається його модуляція. В результаті на фотоприймачі формується змінний електричний сигнал із певною частотою.

Найцікавіше тут те, що ця частота напряму залежить від того, наскільки швидко рухається транспортний засіб. Чим вища швидкість – тим швидше зміщується зображення дороги і тим частіше переривається світловий потік. Тобто між швидкістю руху та частотою сигналу існує пряма лінійна залежність, що і дає змогу системі точно визначати швидкість транспортного засобу у будь-який момент години.

Усі отримані сигнали миттєво надходять до електронного блоку обробки даних, який в режимі реального часу аналізує їх і розраховує поточне значення швидкості транспортного засобу. Оскільки вимірювання виконується безпосередньо відносно нерухомої дорожньої поверхні, система абсолютно не реагує на те, чи крутяться колеса, чи заблоковані. Це дуже важлива особливість, адже саме під час гальмування колеса можуть ковзати або повністю блокуватися, і звичайні давач в такому випадку дають похибку. Тут же цієї проблеми просто не існує.

Окрім швидкості, система паралельно обчислює і пройдений шлях — для цього вона математично інтегрує значення швидкості за часом. Завдяки цьому можна з високою точністю визначити, яку відстань подолав транспортний засіб від моменту натискання на педаль гальма до повної зупинки. При цьому дані оновлюються з дуже високою частотою, що дає змогу фіксувати навіть найдрібніші змінювання в характері уповільнення — наприклад, коли спрацьовує

система ABS або коли змінюються умови зчеплення коліс із дорожнім покриттям [6].

Наступний Пристрій «Вегас», який випускає компанія «Політехносервіс», створений для того, щоб комплексно оцінити стан гальмівної системи будь-якого транспортного засобу (рис. 1.4). Найчастіше його можна зустріти на станціях технічного обслуговування та під час проведення планових технічних оглядів. Головне завдання приладу — визначити, наскільки ефективно працює гальмо на кожному окремому колесі, чи рівномірно розподіляються гальмівні сили між ними, а також який загальний стан гальмівних механізмів.



Рисунок 1.4 – Прилад для оцінювання ефективності гальмівної системи трамвая і тролейбуса ВЕГС-01 на підставі GPS-системи [8]

Що стосується конкретних даних, які видає «Вегас», то їхній перелік є досить широким. Прилад вимірює гальмівний шлях і сповільнення транспортного засобу, фіксує величину гальмівних сил на кожному колесі, а також дає змогу оцінити роботу гальмівного приводу в цілому — зокрема, перевірити герметичність системи та зрозуміти, як реагує педаль гальма на зусилля водія [8].

Важливою перевагою цього пристрою є його універсальність. «Вегас» однаково добре справляється як із легковими транспортними засобами, так і з вантажним транспортом, адже оснащений сучасною електронікою та точними датчиками, що забезпечують надійні результати в умовах стендових випробувань.

Завдяки цьому прилад уможлиблює швидко і точно встановити, чи відповідає гальмівна система транспортного засобу чинним нормативам безпеки.

Прилад «Вегас» розроблений спеціально для перевірки гальмівних систем різних транспортних засобів. Його конструкція передбачає використання сучасної електронної системи управління разом із цифровими давачами, що забезпечує стабільну та надійну роботу в умовах реальних випробувань.

Прилад «ВЕГС-01» є цифровим комплексом компанії «Політехносервіс», розробленим для випробувань гальмівних систем трамваїв та тролейбусів у польових умовах. В базі його роботи лежить супутникове позиціонування — GPS-модуль із магнітним кріпленням відстежує реальне переміщення транспортного засобу щодо земної поверхні, що дає змогу точно визначати гальмівний шлях та час сповільнення незалежно від знесення коліс чи стану дорожнього покриття. Прилад автоматично фіксує момент натискання на педаль і наводить результати до нормативних показників відповідно до вимог ДСТУ, перетворюючи будь-який відкритий ділянку дороги на випробувальний майданчик.

Головне обмеження пристрою полягає в тому, що він оцінює лише загальну ефективність гальмування всього транспортного засобу, але не здатний виміряти розподіл зусиль між окремими колесами чи осями. Саме тому «ВЕГС-01» найчастіше використовують у парі зі стаційним гальмівним стендом: стенд виявляє несправності конкретних вузлів, а супутникова система підтверджує безпеку руху в реальних умовах. Ще однією зручною особливістю «Вегас» є вбудоване програмне забезпечення, яке автоматично формує звіти за результатами перевірки. Водночас отримані показники відразу порівнюються з нормативними значеннями, встановленими відповідними ДСТУ та правилами технічного огляду, що значно спрощує роботу фахівця і зводитиме до мінімуму ризик помилки.

Конструктивно прилад спроектований таким чином, щоб працювати з транспортними засобами різної ваги та габаритів, не створюючи жодної загрози для безпеки під час випробувань. Всі електронні компоненти надійно захищені

від попадання пилу та вологості, що уможливорює експлуатувати обладнання навіть у не дуже сприятливих умовах. Давач регулярно калібруються, завдяки чому точність вимірювань залишається стабільною протягом тривалої години без суттєвого погіршення показників [8].

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики «Вега - 01» [8]

Параметр	Характеристика
Тип обладнання	Діагностичний стенд для моніторингу гальмівних систем транспортних засобів
Функціональне призначення	Визначення величини гальмівних сил, довжини гальмівного шляху, величини значення уповільнення та рівномірності розподілу гальмівних зусиль
Рамки вимірювання величини гальмівної сили	0 –10 кН
Похибка вимірювання величини гальмівної сили	$\pm 1-2\%$
Рамки вимірювання величини уповільнення	0–10 м/с ²
Похибка вимірювання уповільнення	$\pm 0,1$ м/с ²
Похибка вимірювання гальмівного шляху	± 5 см
Оцінювання нерівномірності гальмівних зусиль	Передбачена для кожної осі та колеса окремо
Питома гальмівна сила	Розраховується автоматично
Тип вимірювальних давачі	Цифрові, розміщені на роликах або платформі

Програмне забезпечення	Автоматичне формування звітів та зіставлення результатів з нормативними показниками
Сумісні типи транспортних засобів	Легкові та вантажні транспортні засоби
Захист електронних компонентів	Від впливу пилу та вологи (клас захисту IP)
Метрологічне калібрування	Передбачено

1.3 Характеристика пристрою «Ефект-02»

Вимірювач «Ефект-2» знайшов широке застосування у сфері перевірки гальмівних систем найрізноманітніших транспортних засобів — легкових та вантажних транспортних засобів, автобусів та автопоїздів. Його задіють як у межах державного технічного огляду, так і під час проведення автотехнічних експертиз, а також у повсякденній експлуатації — скрізь, де потрібно оперативно оцінити справність гальмівної системи. Серед усіх подібних засобів вимірювання саме «Ефект-02» є найпоширенішим і найзатребуванішим інструментом у цій галузі (рис. 1.5).

Перелік параметрів, які здатний визначати цей прилад є досить широким. Він вимірює стале сповільнення та пікове значення зусилля, що прикладається до педалі гальма, фіксує тривалість гальмівного шляху та секунди, за яку спрацює привід і механізми гальмівної системи, а також визначає початкову швидкість гальмування та величину лінійного відхилення транспортного засобу від прямолінійного руху. Крім того, прилад автоматично перераховує нормативне значення гальмівного шляху відповідно до реальної швидкості на початку гальмування, що робить оцінювання більш об'єктивною та незалежною від конкретних умов перевірки [6].

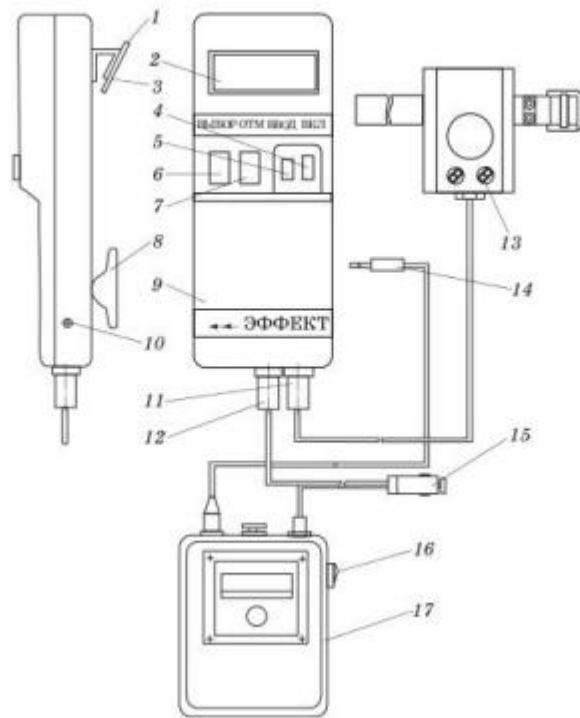


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд вимірювача ефективності гальмівних систем «Ефект – 2» [6]: 1 – фіксує руки; 2 – дисплей індикації; 3 – кронштейн регулювання; 4 – клавіша подачі живлення «On/Off»; 5- клавіша підтвердження; 6 – навігаційна клавіша перемикачання; 7 – «клавіша скидання/вихіду »;

8 – вакуумний тримач; 9- електронний блок керування; 10 – роз’єм для з’єднання з друкувальним пристроєм (комп’ютером); 11 – з’єднувач кабелю давача сили; 12 – з’єднувач кабелю електроживлення; 13 – силовимірювальний давач; 14 – з’єднувальний кабель друкувального пристрою; 15 - роз’єм підключення до електричної мережі живлення; 16 – Вимикач друкувального пристрою; 17 – друкувальний пристрій

Щоб перевірити ефективність гальмівної системи, прилад кріпити на склі правої або лівої дверцят транспортного засобу таким чином, щоб стрілка на корпусі збігалася з напрямком руху. На педаль гальма встановлюється давач зусилля, кабель якого підключається до блоку приладу залежно від того, який джерело живлення використовують. За потреби прилад уможливило одразу роздрукувати результати вимірювань через спеціальний принтер.

Після вмикання оператор вводитиме категорію транспортного засобу та рік його виготовлення. Щоб забезпечити правильне розташування під час монтажу, прилад оснащений сигнальною системою, яка повідомляє про необхідність відкоригувати його горизонтальне положення.

Пристрій підтримує два режими роботи: головним режим вимірювання параметрів ефективності гальмування та режим діагностики датчиків. Для виконання перевірки гальмування транспортного засобу розганяють до 40 км/год, після чого водій одним натисканням на педаль виконує екстрене гальмування — двигун у цей момент має бути відключений від трансмісії.

Щойно транспортний засіб зупиняється, прилад автоматично виводитиме повний набір результатів: гальмівний шлях, перераховане нормативне значення гальмівного шляху, стале сповільнення, початкову швидкість, час спрацювання гальмівної системи, зусилля на педалі та лінійне відхилення від прямолінійного руху [11].

Для передачі даних на комп'ютер, формування бази даних та складання протоколів перевірки прилад оснащений послідовним портом. Результати можна переглядати як у числовому, так і у графічному форматі, що дає змогу наочно оцінити характер процесу гальмування в динаміці.

Зберігання результатів відбувається у внутрішній пам'яті приладу, а за потреби їх можна вивести на дисплей або роздрукувати на портативному принтері. Живлення може здійснюватися як від вбудованого автономного джерела, так і від бортової електромережі транспортного засобу [12].

Таблиця 1.2 – Технічні параметри портативного вимірювача гальмівних систем «Ефект-02» [10]

Параметр	Значення
Живлення від бортової мережі постійного струму	12 ± 2 В
Максимальна споживана потужність	2 Вт
Границі головної відносної похибки сталого уповільнення	$\pm 4\%$
Границі головної відносної похибки зусилля на гальмівній педалі	$\pm 5\%$

Рамки вимірювання початкової швидкості гальмування $Ш_{нг}$, км/год	від 20 до 50
Рамки вимірювання сталого уповільнення $У_{сп}$, м/с ²	від 0 до 9,81
Рамки вимірювання зусилля на гальмівній педалі Рп, кГс	від 10 до 100
Рамки вимірювання гальмівного шляху $Г_{ш}$, м	від 0 до 50
Рамки вимірювання перерахованої норми гальмівного шляху $Г_{ш}$, м	від 0 до 50
Рамки вимірювання часу спрацювання гальмівної системи $Ч_{сз}$, сек.	від 0 до 3
Рамки робочих температур	від -10 до +45 °С
Мінімальний середній термін експлуатації	6 років
Максимальна маса:	
- давача зусилля	0,5 кг
- електронного блоку	0,4 кг
Максимальні габарити розмірів:	
- давача зусилля	135x95x70
- електронного блоку	220x75x50 мм

Принцип роботи приладу ґрунтується на циклічному вимірюванні уповільнення та зусилля натискання на педаль гальма у процесі гальмування транспортного засобу. Перевірка починається з розгону ТЗ до потрібної швидкості, після чого водій натискає на педаль гальма через тензорезисторний давач зусилля 2, встановлений на цій педалі, та починає гальмування. Спеціальна кнопка фіксації моменту натискання 2.1 подає сигнал мікропроцесору 5, який визначає точний момент початку гальмування [7].

Аналогові сигнали від давача сповільнення 1 та тензорезисторного датчика 2 підсилюються до необхідного рівня мікропроцесор. Вимірювання триває безперервно аж до повної зупинки транспортного засобу, після чого мікропроцесор на базі накопичених даних розраховує всі параметри

ефективності гальмівної системи. Отримані результати виводяться на блок індикації 7, а керування роботою пристрою здійснюється через клавіатуру 6 (рис. 1.6).

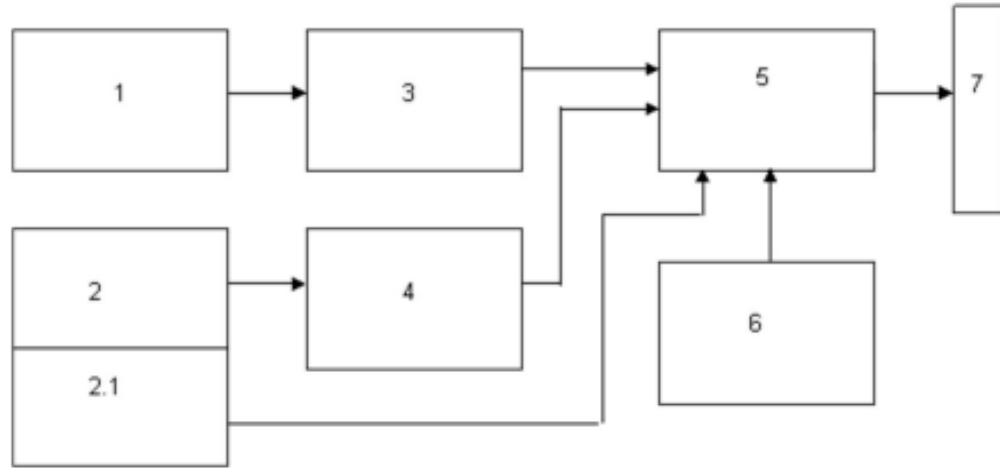


Рисунок 1.6 – Функціональна схема приладу [6]:

Структурна схема приладу (рис. 1.6) складається з набору модулів: засоби введення даних та управління представлені клавіатурою (6), а вивід результатів здійснюється через блок індикації (7). Розрахунковим центром є мікропроцесор (5), до якого надходять сигнали від підсилювача давача сповільнення (3) та підсилювача тензорезисторного давача зусилля (4). Безпосередні заміри виконують відповідні сенсори: давач уповільнення (1), тензорезисторний давач зусилля (2) та спеціальна кнопка фіксації моменту натискання (2.1). Конструктивно прилад складається з електронного блоку оброблення та відображення інформації з органами управління 1 і давача зусилля 2.

1.4. Обґрунтування необхідності модернізації пристрою «Ефект-02» для використання на рухомому складі

Впроваджений у систему контролю прилад «Ефект-02», що використовують для перевірки гальмівних систем транспортних засобів, має певні недоліки. Зокрема, в польових умовах оператор змушений вручну вводити серію вхідних даних про транспортний засіб — його інвентарний номер,

категорію, масу, тип компонування (одиначний або зчленована тролейбусна машина), термін експлуатації і тип випуску. Це суттєво ускладнює забезпечення вимірювання головних характеристик гальмівної системи під час роботи тролейбусної машини на маршруті, створюючи похибки вимірювання через неврахування маси і коефіцієнта зчеплення та сповільнює включення в роботу пристрою під час випуску з депо на лінію. Саме тому одним із напрямків модернізації приладу є автоматичне визначення загальної ваги тролейбусної машини.

Головним аспектом в цій роботі є завдання адаптувати пристрій «Ефект-02» для використання на тролейбусах, що перебувають у регулярній експлуатації на маршруті. Головна мета запропонованого підходу — надати можливість виявляти несправності гальмівної системи безпосередньо під час роботи рухомого складу на лінії, і проводити поточний моніторинг стану гальмівної системи в умовах експлуатації. Для цього необхідно розробити систему, здатну визначати повну вагу рухомого складу разом із пасажирями, які перебуває в салоні.

Окремо слід враховувати ще один важливий фактор — коефіцієнт зчеплення коліс із дорожнім покриттям, який безпосередньо впливає на довжину гальмівного шляху. Якщо його не брати до уваги, прилад видаватиме некоректні результати і неправильно оцінюватиме ефективність гальмування. Тому для того, щоб система могла об'єктивно моніторити оцінювати стан гальмівної системи за гальмівним шляхом, швидкодією спрацювання та необхідним уповільненням, вона повинна вміти визначати потокове значення коефіцієнта зчеплення. Оскільки прилад «Ефект-02» вже вимірює початкову швидкість гальмування, саме на її базі має розраховуватися цей коефіцієнт. Важливо розуміти, що він коефіцієнта зчеплення не є сталою величиною — його значення суттєво змінюється залежно від умов роботи тролейбусної машини, і насамперед від швидкості руху, що наочно демонструє рисунок 1.7.

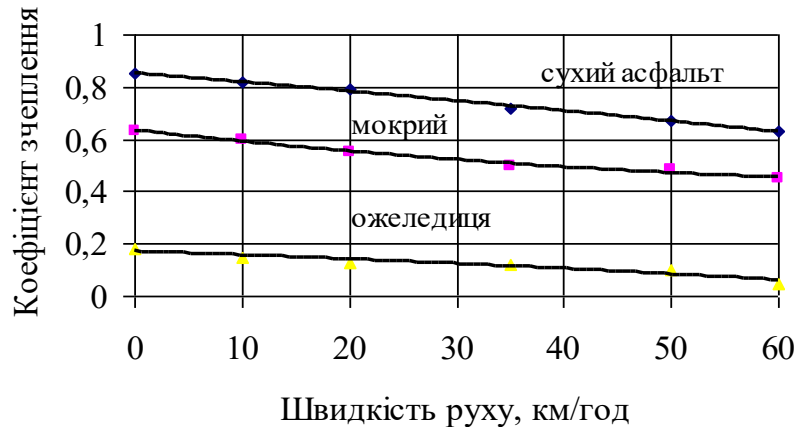


Рисунок 1.7 – Демонстрація залежності коефіцієнта зчеплення від швидкості за різних станів дороги

Підсумовуючи все вищесказане, можна впевнено стверджувати, що модернізація приладу «Ефект-02» є цілком виправданим та логічним кроком. Доповнення його системою визначення ваги транспортного засобу та блоком розрахунку коефіцієнта зчеплення і валідатором для введення інформації з електронних карток водія і певної тролейбусної машини уможливить суттєво підвищити точність моніторингу стану гальмівної системи. Завдяки цьому прилад зможе аналізувати показники гальмування не в ідеальних умовах, а з урахуванням реальної дорожньої обстановки та фактичного навантаження на рухомий склад, що робить результати перевірки значно більш достовірними та практично корисними.

Виходячи зі сказаного пропонується вдосконалити схему «Ефект-02» на рисунку (рис 1.5), доповнюючи її необхідними блоками: пристрій визначення зчеплення тролейбуса, пристрій визначення зчеплення, валідатор, введення даних водія, випуску номеру маршруту, інвентарного номеру тролейбуса.



Рисунок 1.8 – Головні блоки модернізації пристрою приладу «Ефект - 02»

Пристрій визначення ваги тролейбусу — один із ключових доданих блоків. Оскільки оригінальний прилад вимагав ручного введення маси транспортного засобу, що суттєво сповільнювало роботу в польових умовах, було ухвалено рішення автоматизувати цей процес. Цей блок визначає повну масу рухомого складу разом із пасажирами, які знаходяться в салоні, і передає отримане значення безпосередньо до мікропроцесора. Це уможливорює проводити діагностику гальмівної системи прямо під час роботи тролейбусу на маршруті, без його виведення з експлуатації.

Пристрій визначення зчеплення — не менш важливий новий блок, призначений усунути ще одну суттєву помилку оригінального приладу. Коефіцієнт зчеплення коліс із дорожнім покриттям безпосередньо впливає на довжину гальмівного шляху і не є сталою величиною — він постійно змінюється залежно від швидкості руху та стану дороги. Якщо не враховувати це значення, прилад видаватиме некоректні результати оцінки ефективності гальмування. Тому цей блок на базі початкової швидкості гальмування, що вже вимірює «Ефект-02», автоматично розраховує поточний коефіцієнт зчеплення і передає його до мікропроцесора для подальших обчислень.

Введення даних водія, номера маршруту та інвентарного номера троллейбусної машини — цей блок реалізований через клавіатуру управління та призначений для ідентифікації конкретного рейсу та транспортного засобу. Оператор вводить особисті дані водія, номер маршруту та інвентарний номер машини, що уможлиблює прив'язати результати діагностики до конкретної одиниці рухомого складу та зберегти їх у базі даних для подальшого аналізу та контролю.

Валідатор у троллейбусі є центральним елементом системи електронного квитка. Коли водій прикладає свою картку до пристрою, там враховано маса рухомого складу і маса навантаження пасажирів, транспортний засіб реєструється в міській мережі — система прив'язує його до конкретного маршруту, графіку руху та починає відстеження через GPS, завдяки чому пасажирів можуть побачити рух троллейбуса на карті міста.

Крім того, валідатори збирають статистику про пасажиропотік у реальному часі. Ці дані дає змогу транспортним службам аналізувати завантаженість маршрутів та оперативно коригувати кількість троллейбусів на лінії, що робить управління міським транспортом значно ефективнішим.

2 ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТРОЛЕЙБУСНОЇ МАШИНИ

2.1 Пристрій для визначення маси тролейбусу

На зараз поширеним способом визначення ваги є взвішування підресореної маси транспортного засобу. Встановлена бортова система зважування на транспортний засіб дає змогу в режимі онлайн контролювати масу вантажу та його розподіл між осями. Інформація про навантаження на кожен вісь і причіп відображається безпосередньо на екрані мобільного телефону через спеціальне додаток, яке також сигналізує про перевантаження конкретної осі.

Точність вимірювання становить від 1 до 3% від загальної маси транспортного засобу, а так як використовується датчик визначення тиску в пневмопідвісці, такий підхід зважування пасажирів можна впроваджувати і на тролейбусі.

Принцип роботи системи досить простий. Цифровий датчик встановлюється у існуючу пневматичну підвіску і фіксує найменші зміни тиску повітря в контурі. Оскільки між тиском повітря та навантаженням на вісь існує лінійна залежність, система може точно розраховувати масу на кожній осі після калібрування за двома контрольними точками. Оброблені дані передаються до мобільного пристрою під керуванням Android, де відображається навантаження на ведучу вісь. Вся зібрана інформація може зберігатися у базі даних та експортуватися у формат Excel для подальшого аналізу. Кількість датчиків у системі відповідає кількості повітряних контурів підвіски — чим їх більше, тим вища точність показань, хоча це дещо збільшує вартість обладнання [14].

Датчики навантаження на вісь серії GNOM використовують у системах GPS/ГЛОНАСС-моніторингу транспортних засобів і дає змогу відстежувати осьове навантаження в режимі реальної години. Їхнє головне завдання — не допустити перевищення допустимого навантаження на вісь, що, в свою чергу,

захищає власника від штрафів за перевантаження. Крім того, постійний контроль навантаження позитивно впливає на стан підвіски, суттєво продовжує термін її служби та дає змогу зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт автотранспорту [13,20,22].

Залежно від умов експлуатації та вимог конкретної системи, давачі GNOM випускаються у двох виконаннях — провідному та бездротовому з підтримкою інтерфейсу Bluetooth. (рис 2.1)



Рисунок 2.1 – Давач осьового навантаження в пневмопідвіску [13]:

А) GNOM DDE S7 – осьовий безпроводний давач навантаження

Б) GNOM DDE – дротовий осьовий давач навантаження

GNOM DDE та GNOM DDE S7 — це давачі осьового навантаження, розроблені спеціально для транспортних засобів із пневматичною підвіскою. Вони монтуються безпосередньо у повітряний контур підвіски — так звану пневмоподушку — і вимірюють тиск повітря в ній. Встановлення давачів можливе двома способами: або через штатні роз'єми, що вже передбачені конструкцією, або в розріз існуючої магістралі через трійник — залежно від особливостей конкретного транспортного засобу (рис. 2.2) [15].

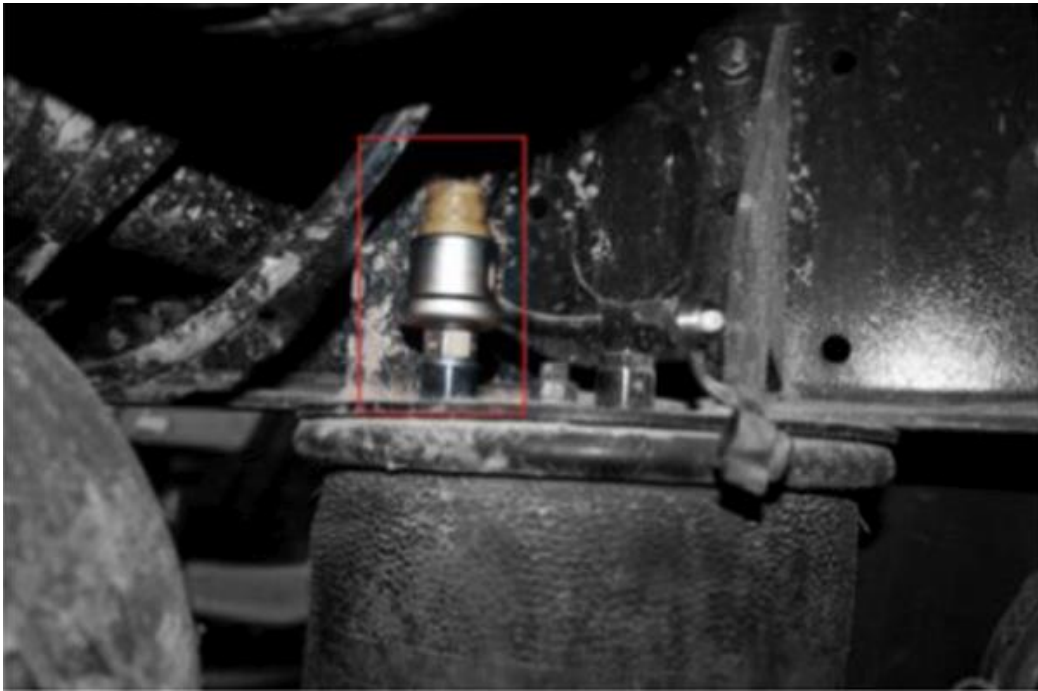


Рисунок 2.2 – Місце встановлення давача GNOM DDE [13]

Давач GNOM DDE монтується або в трубопровод пневматичної системи, або на місце заглушки безпосередньо в подушку пневмопідвіски.

Принцип роботи досить простий. Давач вимірює тиск стисненого повітря в контурі підвіски і перетворює його на електричний сигнал напруги, який надходить на термінал моніторингу транспортного засобу. Термінал збирає, реєструє та зберігає всі отримані сигнали, після чого передає їх до серверу телематичних послуг. Серверне програмне забезпечення обробляє та аналізує накопичені дані та формує детальні аналітичні звіти за будь-який обраний проміжок години. Кінцевий користувач отримує ці звіти в зручному форматі — у вигляді таблиць чи наочних графіків. На рисунку 2.3 показаний графік вихідної напруги, значення якої відповідає відповідному тиску в системі пневмопідвіски [15].

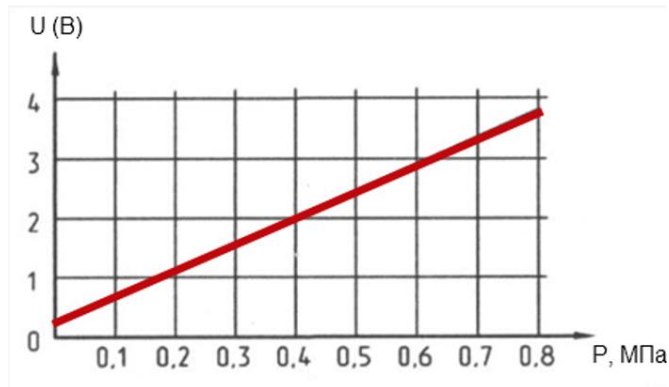


Рисунок 2.3 – Залежність вихідного сигналу давача GNOM DDE від тиску в пневмосистемі біля окремої осі

Кожному значенню напруги відповідає певне значення наповнення салону тролейбусної машини (рис. 2.4). Для тролейбуса ЛАЗ Е183 максимальне наповнення становить 100 пасажирів.

Щоб встановити відповідність між вихідною напругою давача GNOM та навантаженням на вісь тролейбуса, використовують тарувальну таблицю, для складання якої попередньо проводять процедуру тарування.

У ході тарування формується таблиця, що відображає залежність вихідної напруги давача GNOM від величини тиску в пневморесорах (рис. 2.3). Контрольні точки для цієї таблиці обираються в діапазоні від мінімального навантаження на вісь — коли салон тролейбуса порожній — до максимально допустимого, що відповідає найбільшій можливій масі пасажирів у салоні.

Таблиця 2.1 – Тарувальна таблиця відповідності вихідного сигналу GNOM DDE наповненню тролейбуса ЛАЗ Е183

Величина тиску на вході датчика, МПа	Вихідна напруга, В	Кількість пасажирів, пас	Загальна вага пасажирів, т.	Загальна вага тролейбусу, т.
0	0,25	0	0	11,00
0,1	0,7	14	1,05	12,05
0,2	1,2	29	2,17	13,17
0,3	1,55	40	3	14
0,4	2,0	61	4,57	15,57
0,5	2,5	78	5,85	16,85

0,6	2,95	89	6,67	17,67
0,7	3,3	94	7,05	18,05
0,8	3,8	100	7,5	18,5

Залежність вихідної напруги давача від загальної маси тролейбуса ЛАЗ Е183 наведено на рисунку 2.4.

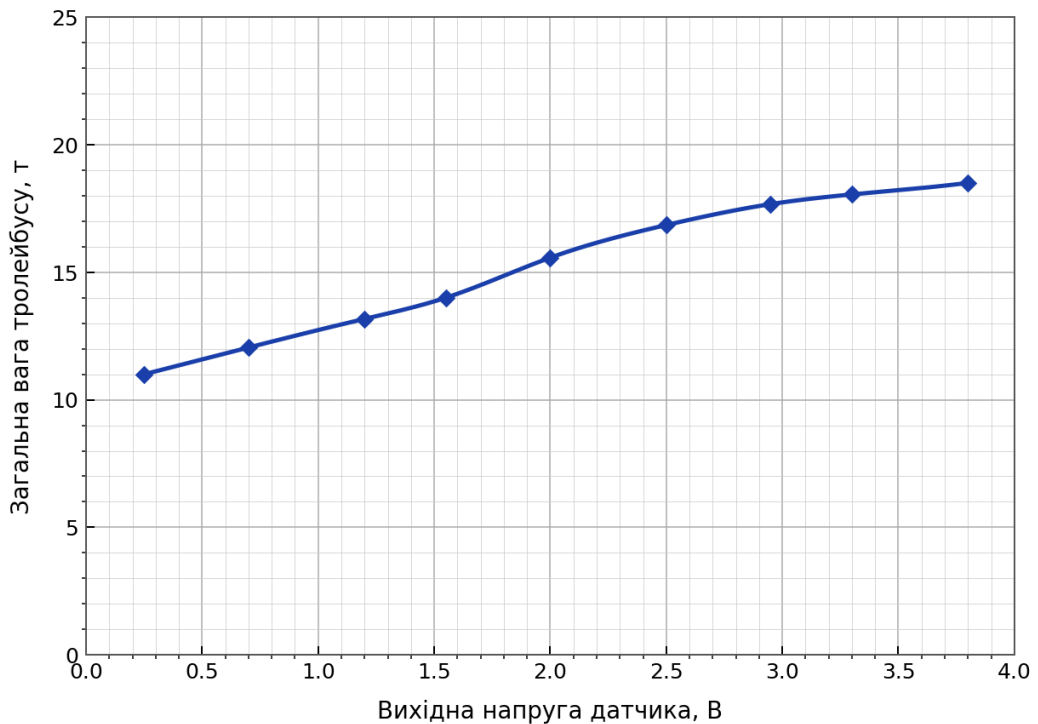


Рисунок 2.4 – Залежність вихідної напруги давача GNOM від загальної ваги тролейбуса (споряджена маса + маса пасажирів) згідно тарувальної таблиці

Дротові давачі навантаження на вісь підключаються безпосередньо до терміналу моніторингу та/або до дисплея в кабіні водія, що дозволяє відстежувати осьове навантаження в режимі реальної години прямо під час руху.

Безпроводні датчики осьового навантаження передають дані на смартфон та/або GPS-трекер (рис 2.5)

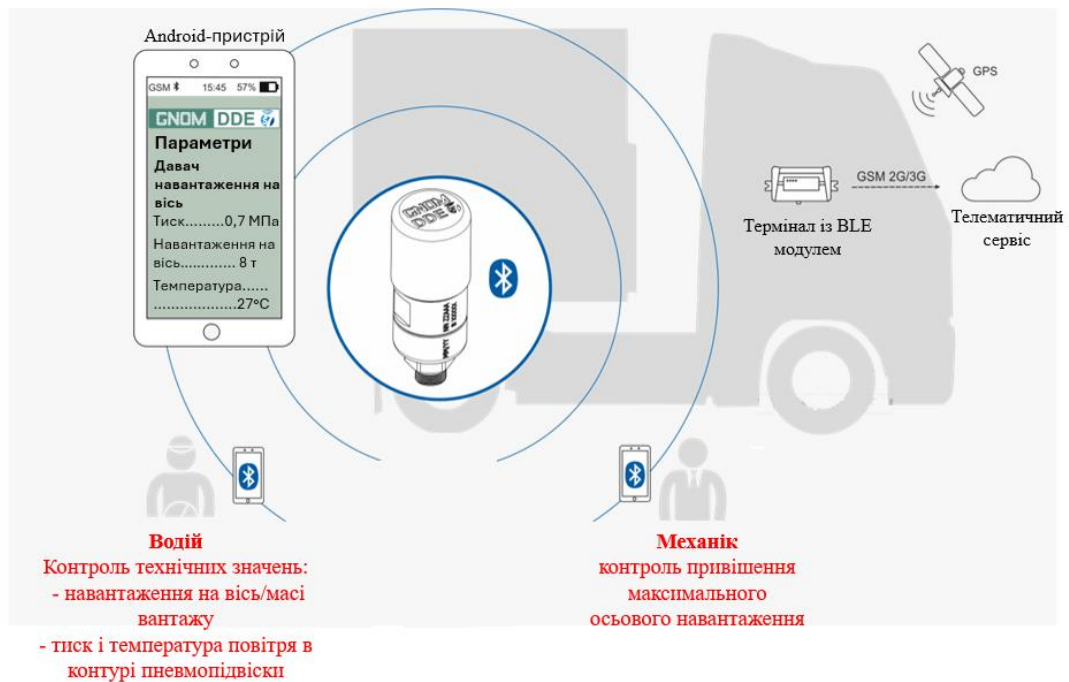


Рисунок 2.5 – Бездротові датчики осевого навантаження

Бездротові датчики осевого навантаження передають зібрані дані через Bluetooth безпосередньо на смартфон водія та/або GPS-трекер, що робить їх зручним рішенням там, де прокладання дротів є небажаним або технічно складним.

Використання датчиків GNOM у складі телематичної системи відкриває широкі можливості для аналізу наповнення рухомого складу. Система дозволяє в режимі реального часу контролювати навантаження на кожну вісь рухомого складу, відстежувати динаміку його зміни протягом усього маршруту [16].

Компанія Continental розробила кілька варіантів рішень для бортового зважування. Для шасі з пневматичною підвіскою застосовується датчик, який одночасно вимірює висоту пневморесор за допомогою ультразвуку та тиск у них — і на базі цих двох параметрів визначає навантаження на вісь. Для автомобілів без пневмопідвіски розроблено аналогічний датчик висоти амортизатора, що фіксує вертикальне відхилення і на його основі розраховує осеве навантаження. Тензометричний датчик Continental є універсальним рішенням — він підходить

як для сталевих, так і для пневматичних осей, вимірюючи напругу в корпусі осі та перетворюючи її на значення навантаження. Загальна вага рухомого складу разом із кількістю пасажирів виходить як сума навантажень на всі осі.

У всіх випадках зібрані дані автоматично обробляються та відображаються або в мобільному додатку на смартфоні, або на дисплеї у кабіні водія. Керівники транспортних засобів можуть вивантажувати дані для аналізу та оптимізації використання рухомого складу. При цьому Continental пропонує всі компоненти системи від пневморесор і датчиків до програмного забезпечення [16,19,20].

2.2 Розроблення пристрою для встановлення коефіцієнта зчеплення колеса з поверхнею дороги під час гальмування

В бакалаврській роботі запропоновано вимірювати коефіцієнт зчеплення колісного транспортного засобу з дорожнім покриттям. Конструктивно пристрій складається з кількох взаємопов'язаних компонентів: датчик повздовжньої сили, антену зв'язку, приймально-передаючого модуля, комп'ютера, пульта керування, дисплея, аналого-цифрового перетворювача, GPS-антени, GPS-приймача, контролера та портативного накопичувача інформації.

Завдяки такому набору елементів пристрій дозволяє не тільки точніше визначати коефіцієнт зчеплення, а й вимірювати швидкість руху транспортного засобу та пройдену відстань. Додатково система здатна визначати точне місцезнаходження об'єкта вимірювання безпосередньо на маршруті, що суттєво підвищує інформативність та практичну цінність пристрою «Ефект-02».

Пристрій, який запропоновано впровадити у роботі, заснований на комп'ютерній системі вимірювання коефіцієнта зчеплення ASFT Computer System шведської компанії Saab-Scania, яка серійно випускається для моделей Saab 900/9000.

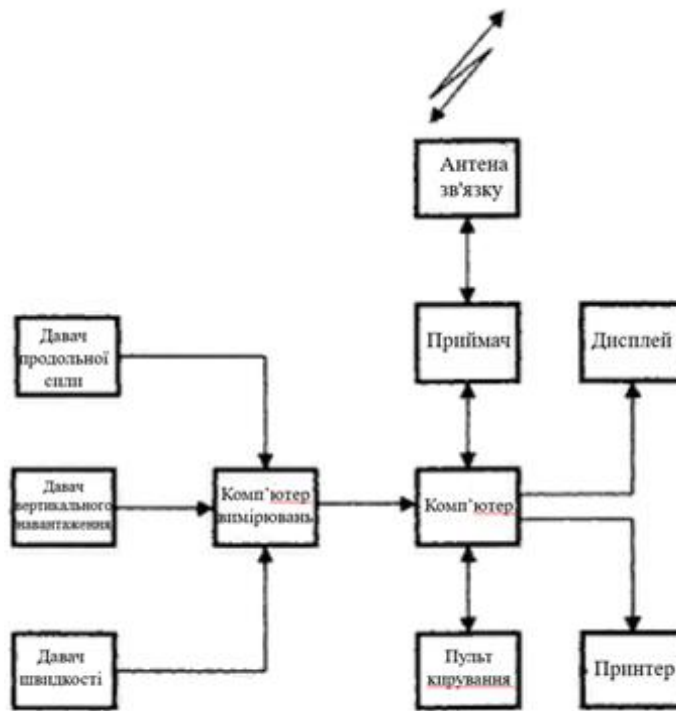


Рисунок 2.6 – Склад комп'ютерної системи вимірювання коефіцієнта зчеплення ASFT Computer System

Пристрій (рис. 2.6) складається з таких елементів: давача продольної сили 1, антени зв'язку 2, приймача 3, комп'ютера 4, пульта керування 5, дисплея 6, принтера 7, давача вертикального навантаження 8, давача швидкості 9 та комп'ютера вимірювань 1. Комп'ютера вимірювань 10, вихід якого з'єднаний із першим входом комп'ютера 4. До іншого входу комп'ютера 4 підключений пульт керування 5, а через антену зв'язку 2 та приймально-передавальний модуль 3 — третій вхід, який одночасно є першим виходом комп'ютера 4. Другий і принтера 7. Зв'язок із центром моніторингу руху маршрутного транспорту здійснюється через антену 2.

Принцип роботи пристрою (рис. 2.6) такий. ASFT є випробувальним обладнанням, змонтованим на окремому транспортному засобі, та використовує «п'яте колесо» з постійним ступенем ковзання. Давач 1 вимірює продольну силу F_g , а давач 8 — вертикальну силу F_v , що діють на вимірювальне колесо. Отримані дані надходять до комп'ютера вимірювань, де за ними розраховується коефіцієнт зчеплення колеса з поверхнею котіння за формулою:

$$K_{зч} = \frac{P_z}{P_в}, \quad (2.1)$$

де P_z — продольна сила, що діє на вимірювальне колесо;

$P_в$ — вертикальна сила, що діє на вимірювальне колесо.

За даними давача 9 комп'ютер вимірювань 10 розраховує швидкість руху транспортного засобу. Отримані результати обчислень передаються послідовним кодом на комп'ютер 4.

За стандартною програмою, що використовується для вимірювання зчеплення на поверхні дороги та визначення швидкості початку гальмування, комп'ютер 4 виконує обробку та накопичення інформації. Результати відображаються на дисплеї 6 та роздруковуються принтером 7 на паперовому носії. Дані про величину коефіцієнта зчеплення на поверхні дороги та швидкість початку гальмування передаються в режимі реального часу через приймально-передавач модуль 3 та антену зв'язку 2 на диспетчерський пункт керування міським пасажирським транспортом. Режими роботи комп'ютера 4 задаються перемикачами пульта керування 5.

Однак в такому складі пристрій є недосконалим має суттєві недоліки. По-перше, точність визначення швидкості руху транспортного засобу є недостатньою, оскільки давач швидкості 9 зчитує показники від обертових деталей транспортного засобу і не враховує ні проковзування ведучих коліс, ні тиск у шинах. По-друге, визначення коефіцієнта зчеплення також є неточним з тих самих причин. По-третє, на диспетчерському пункті відсутня постійна об'єктивна інформація про місцезнаходження пристрою вимірювання. Тому пропонується доповнити (модернізувати) пристрій додатковими блоками, що забезпечать виконання потрібних функцій (рис. 2.7).

Поставлена мета в пристрої вимірювання коефіцієнта зчеплення тролейбусної машини, що має постійну ступінь ковзання з поверхнею дороги, досягається таким складом: давач продольної сили, яка діє на колесо з боку поверхні, трекер керування та дисплей (рис. 2.7). Трекер зв'язку через приймально-передавальний модуль підключений до першого входу/виходу

комп'ютера, другий вихід якого з'єднаний з дисплеєм. Пульт керування підключень до іншого входу на комп'ютер. Трекер зв'язку призначений для радіозв'язку з центром моніторингу руху маршрутного транспорту.

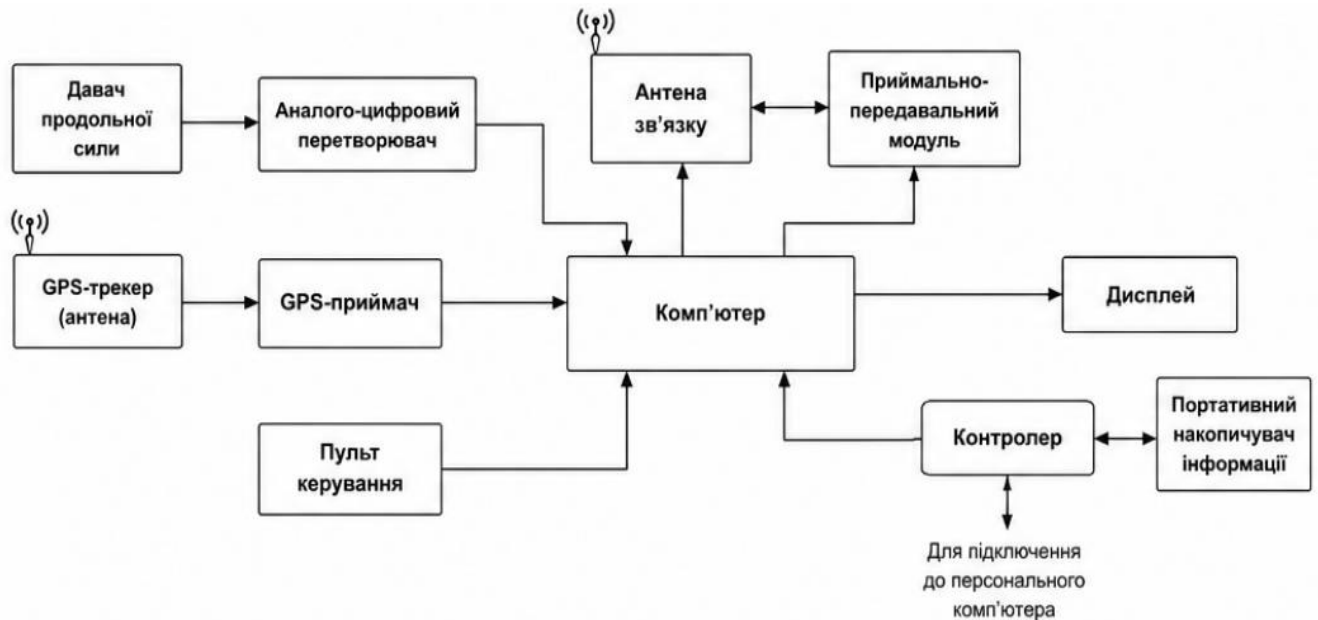


Рисунок 2.7 – Склад системи вимірювання коефіцієнта зчеплення, запропонований в роботі

Додатково до пристрою включено аналого-цифровий перетворювач (АЦП), GPS-трекер, GPS-приймач, контролер та портативний накопичувач інформації.

Запропонований пристрій для вимірювання коефіцієнта зчеплення колеса транспортного засобу, що має постійну ступінь ковзання з поверхнею дороги, як і система–ASFT Computer System, містить давач продольної сили 1, що діє на ковзане колесо зі сторони поверхні дороги, трекер зв'язку 2, пульт керування 5 та дисплей 6. Трекер зв'язку 2 через приймально-передавальний модуль 3 підключений до першого входу/виходу комп'ютера 4, другий вихід якого з'єднаний з дисплеєм 6. Пульт керування 5 під'єднаний до іншого входу комп'ютера 4 (рис. 2.7).

Додатково до пристрою введено аналого-цифровий перетворювач 11, GPS-трекер 12, GPS-приймач 13, контролер 14 та портативний накопичувач інформації 15.

Давач продольної сили 1 через аналого-цифровий перетворювач 11 підключений до третього входу комп'ютера 4. GPS-антена 12 через GPS-приймач 13 з'єднана з четвертим входом комп'ютера 4, п'ятий вхід якого через контролер 14 підключень до портативного накопичувача інформації 15, 4 призначень для підключення до персонального комп'ютера.

GPS-трекер призначений для прийому сигналів навігаційних супутників. Пристрій розміщується на транспортному засобі. Під час вимірювання коефіцієнта зчеплення давач 1 вимірює подовжню силу під час руху транспортного засобу, а вертикальне навантаження оцінюється системою зважування з використанням давача GNOM DDE.

Перед початком роботи пристрій проходить налаштування. Під час налаштування виходять з того, що в процесі вимірювання коефіцієнта зчеплення вертикальне навантаження на колесо, де розташовується давач подовжньої сили 1, залишається постійним і відомим.

Отже, коли на давач подовжньої сили 1 діє калібрувальне зусилля, на виході давача 1 одержують напругу, що прямо пропорційна коефіцієнту зчеплення.

Оскільки вертикальне навантаження P_v , коли в салоні не має пасажирів, є постійною і відомою величиною, так як вона визначається масою самого тролейбуса, задаючи певне калібрувальне зусилля на давачі 1, можна обчислити значення коефіцієнта зчеплення за формулою (2.1), в подальшому враховувати вертикальне навантаження від загальної ваги пасажирів P_n :

$$K_{зч} = \frac{P_z}{P_v + P_n}. \quad (2.2)$$

Змінюючи калібрувальне зусилля на давачі продольної сили 1, визначають діапазон зміни напруги та коефіцієнта зчеплення. Напруга давача 1 (цифровий код) і відповідне йому значення коефіцієнта зчеплення зберігаються у постійному пристрої комп'ютера 4. Після налаштування пристрій вводиться в експлуатацію.

Відповідно до програми пристрій вимірювання коефіцієнта зчеплення може працювати в таких режимах:

- вимірювання коефіцієнта зчеплення;

- самоконтролю та калібрування;
- ручного введення візуальної оцінювання стану поверхні дороги;
- виведення інформації на персональний комп'ютер;
- налаштування пристрою.

Кожен із цих режимів вмикається кнопками пульта керування 5, розміщеними на лицьовій панелі пристрою. Початок і кінець режиму вимірювання коефіцієнта зчеплення визначається відповідними кнопками пульта керування 5.

Під час руху транспортного засобу давач продольної сили 1 перетворює зусилля вимірювального колеса на напругу. Величина напруги залежить від зчеплення вимірювального колеса з поверхнею котіння.

Принцип роботи пристрою полягає в опитуванні напруги на виході давача поздовжньої сили 1 та перетворенні аналогових величин давача 1 у цифровий код за допомогою аналого-цифрового перетворювача 11. Цифровий код надходить до комп'ютера 4, де відповідно до отриманого коду та даних налаштування визначається коефіцієнт зчеплення вимірювального колеса.

Одночасно через GPS-трекер 12 до GPS-приймача 13 надходять сигнали навігаційних супутників: географічні координати місцезнаходження транспортного засобу (широта φ , довгота λ), швидкість руху V та година t .

За географічними координатами визначається місцезнаходження транспортного засобу на території центру моніторингу руху маршрутного транспорту.

3 РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ

3.1 Методи визначення довжини гальмівного шляху

До головних методів визначення гальмівного шляху долучають:

- метод аналітичний, в якому застосовують аналітичні формули, такі як (1.1) і (1.2);

- метод графічний, в якому криві гальмування побудовані із застосуванням електро-механічних характеристик двигуна рухомого складу і цей метод володіє наочністю;

- метод, який використовує готові номограми, в яких довжини гальмівного шляху визначається через швидкість або час гальмування за різних умов зчеплення;

- метод, який виконується покроково визначенням змінювання довжини і часу гальмування за певний інтервал швидкості – тому його і називають методом «інтервалів швидкості».

Для проведення гальмівних розрахунків методом інтервалів швидкостей або інтервалів часу гальмування рівняння (3.1) дещо змінюється. Замість нескінченно малих значень змінювання швидкості та часу (dv і dt) беруться малі кінцеві значення змінювання цих величин (Δv і Δt), а величини B_T , B_i та W_0 вважаються постійними для кожного такого малого елемента приращення змінювання швидкості.

Змінювання інтервалів значень часу у разі гальмування визначають за формулою:

$$\Delta t_T = \frac{M(1 + \gamma)\Delta v}{B_T + W_0 + B_i}. \quad (3.1)$$

Величину, на яку змінюється гальмівний шлях ΔS , м, для обраного інтервалу змінення швидкості Δv визначають за формулою:

$$\Delta S = v_{cp}\Delta t_T, \quad (3.2)$$

де $v_{cp} = \frac{v_H + v_K}{2}$ або $v_{cp} = v_H - \frac{\Delta v}{2}$.

Середнє уповільнення у прийнятому інтервалі визначають за формулою:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_H + v_K}{\Delta t} = \frac{v_H^2 - v_K^2}{2\Delta S}, \quad (3.3)$$

За результатами розрахунків будують криві $v = f(s)$, $v = f(t)$.

Описані вище розрахунки характерні для режиму усталеного гальмування. Однак час гальмування та гальмівний шлях також залежать від ряду факторів, що передують цьому режиму. Розглянемо графік залежності тиску в гальмівних циліндрах від часу, представлений на рисунку 3.1.

За початковий момент відліку часу прийнято момент появи аварійної ситуації. Загальний час гальмування до повної зупинки виражається відрізком T :

$$T = t_1 + t_2' + t_2'' + t_3, \quad (3.4)$$

де t_1 — час реакції водія, який за спостереженнями становить 0,4–0,5 с, у розрахунках приймають $t_1 = 1$ с;

t_2' — час наповнення гальмівної системи стисненим повітрям, тобто час підвищення тиску в гальмівному циліндрі від нуля до кінцевого тиску, залежно від типу гальмівного крана приймається $t_2'' = 0,6 \dots 0,9$ с;

t_3 — час режиму усталеного гальмування.

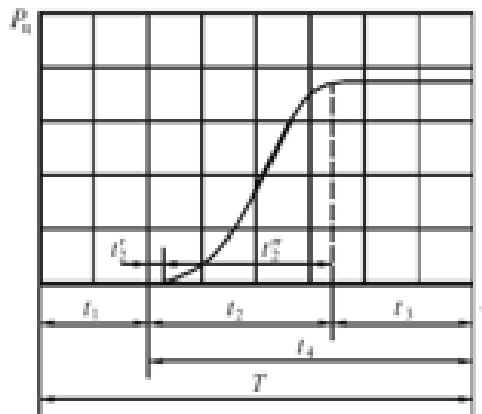


Рисунок 3.1 – Графік залежності тиску в гальмівних циліндрах від часу

Час від моменту початку гальмування до повної зупинки складається сумою

$$t_4 = t_2' + t_2'' + t_3. \quad (3.5)$$

Час приведення гальм у дію (час натискання на гальмівну педаль), позначений на рис 2.3 відрізком t_2 , приймається в межах 0,15–0,25 с. Підвищення тиску в гальмівних циліндрах для гальм із пневматичним приводом відбувається і після закінчення руху гальмівної педалі.

Відповідно загальний гальмівний шлях від моменту появи перешкоди до зупинки рухомого складу:

$$S = S_1 + S_2' + S_2'' + S_3, \quad (3.6)$$

3.2 Розрахунок гальмівних параметрів тролейбусу

Використаємо метод інтервалів швидкостей для розрахунку. Розрахунки зведемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок гальмівного шляху за інтервалами швидкостей

ΔV , км/год	V , км/год	Δt , с	$V \cdot \Delta t$, м	ΔS , м	S , м
5	55	1,6	$(55/3,6) \cdot 1,6$	24,4	24,4
5	50	0,4	$(50/3,6) \cdot 0,4$	5,5	29,9
5	45	0,4	$(45/3,6) \cdot 0,4$	5	34,9
5	40	0,4	$(40/3,6) \cdot 0,4$	4,4	39,3
5	35	0,5	$(35/3,6) \cdot 0,5$	4,9	44,2
5	30	0,3	$(30/3,6) \cdot 0,3$	2,5	46,7
5	25	0,4	$(25/3,6) \cdot 0,4$	2,7	49,4
5	20	0,4	$(20/3,6) \cdot 0,4$	2,2	51,6
5	15	0,4	$(15/3,6) \cdot 0,4$	1,6	53,2
5	10	0,4	$(10/3,6) \cdot 0,4$	1,1	54,3
0	5	0,4	$(5/3,6) \cdot 0,4$	0,5	54,8

На підставі розрахунків побудуємо графіки залежності гальмівного шляху від швидкості і часу гальмування (рис. 3.2).

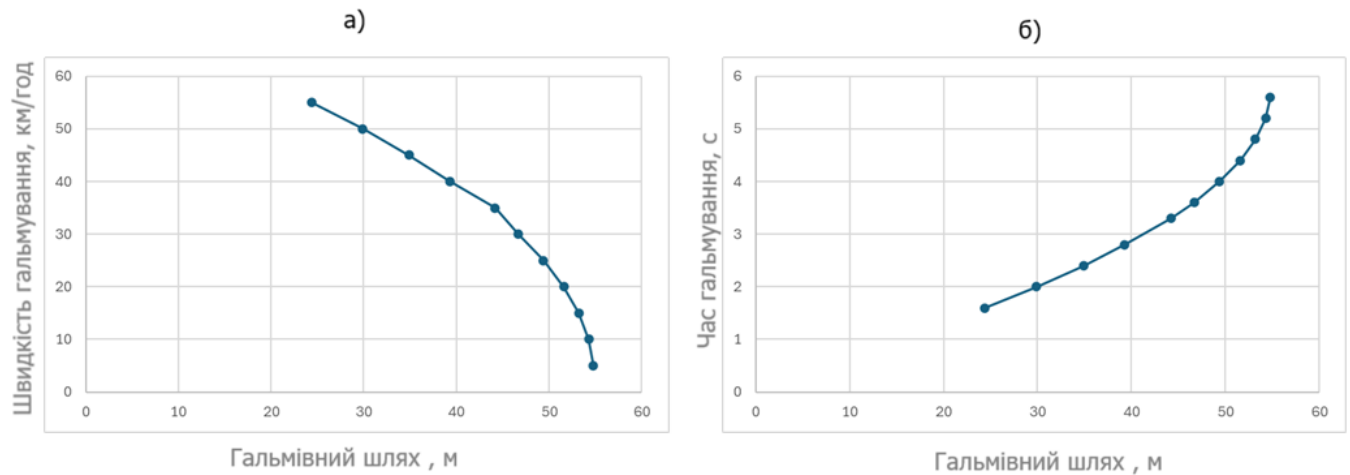


Рисунок 3.2 – Графіки залежності гальмівного шляху: а) від швидкості, б) від часу гальмування

Отже, виконаний розрахунок гальмівного шляху за методом інтервалів швидкостей або інтервалів часу гальмування. Швидкість початку гальмування прийнята максимальною, яку може розвинути тролейбус ЛАЗ е180 за своїми технічними характеристиками.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вступ

У роботі розглядається застосування модернізованого пристрою «Ефект-02» для оцінювання ефективності гальмівних систем тролейбусів. Тому об'єктом проектування в розділі охорона праці є працівник, який безпосередньо взаємодіє з цим пристроєм, а саме майстер з обслуговування бортових пристроїв оцінювання ефективності гальмівних систем. Саме цей фахівець виконує встановлення, підключення, налаштування та технічне обслуговування пристрою в умовах депо та безпосередньо на рухомому складі.

До головних обов'язків майстра належать: монтаж давачів тиску серії GNOM у пневматичну підвіску тролейбуса, підключення аналого-цифрового перетворювача (АЦП), GPS-приймача та контролера до бортової мережі, налаштування та калібрування пристрою перед вимірюваннями, проведення контрольних заїздів для перевірки гальмівних інформації.

Умови праці майстра пов'язані з постійним перебуванням поряд із діючим електрообладнанням тролейбуса, що перебуває під напругою бортової мережі. Підключення давачів та електронних блоків пристрою здійснюється у технічних відсіках тролейбуса та в оглядових ямах депо. Це означає, що працівник стикається з цілим рядом небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Серед них — ризик ураження електричним струмом, незручні робочі пози в обмеженому просторі, недостатня освітленість у відсіках, вплив шуму та вібрації під час перевірочних заїздів, а також несприятливий мікроклімат у приміщенні депо.

Метою розділу є виявлення реальних та потенційних небезпек на робочому місці майстра та розробка конкретних організаційно-технічних заходів, спрямованих на захист працівника та підвищення рівня безпеки під час роботи.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Аналіз умов праці майстра проведено відповідно до класифікації небезпечних та шкідливих виробничих факторів та вимог НПАОП 60.2-1.01-06 «Правила охорони праці на міському електричному транспорті» [26]. Результати систематизовано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — Небезпечні та шкідливі фактори на робочому місці майстра з обслуговування бортових пристроїв оцінювання ефективності гальмівних систем

№	Небезпечний / шкідливий фактор	Джерело виникнення на робочому місці	Можливі наслідки для працівника
1	Ураження електричним струмом	Бортова мережа тролейбуса (600 В), акумуляторні батареї	Електрична травма, опіки, зупинка серця
2	Електрична дуга при підключенні/відключенні роз'ємів	Силові роз'єми бортової мережі, контакти блоку живлення при підключенні під напругою	Опіки рук та обличчя, пошкодження зору
3	Ураження від залишкового заряду конденсаторів	Конденсаторні батареї силових блоків тролейбуса після відключення	Електрична травма при торканні без попереднього розрядження
4	Несприятливий мікроклімат	Робота у салоні та технічних відсіках тролейбуса, протяги при відкритих дверях, нагрів від електрообладнання	Перегрів або переохолодження організму, зниження концентрації уваги
5	Загазованість повітря	Відпрацьовані гази при роботі двигунів у закритому приміщенні депо, пари мастил від гальмівного обладнання	Отруєння, запаморочення, захворювання органів дихання

6	Підвищений рівень шуму	Робота тролейбуса при перевірці гальмівної системи, стенди діагностики у приміщенні депо	Зниження слуху, підвищена втомлюваність
7	Недостатня освітленість	Технічні відсіки та підкузовний простір тролейбуса при монтажі датчиків	Зорова втома, помилки при монтажі, травми
8	Механічні травми	Монтаж датчиків GNOM у підвіску тролейбуса, робота з інструментом у обмеженому просторі, гострі кромки кріпильних елементів	Удари, порізи, забої рук
9	Падіння з висоти або в яму	Проведення вимірювань та монтажних робіт в оглядовій ямі або на підйомнику	Переломи, забої, травми хребта
10	Психофізіологічне навантаження	Точні монтажні роботи з електронним обладнанням, налаштування та калібрування пристрою в умовах обмеженого часу	Зорова та розумова втома, зниження уважності, помилки при налаштуванні

Електробезпека

Найбільш небезпечним фактором для майстра є ризик ураження електричним струмом. Підключення давачів GNOM та АЦП здійснюється до бортової мережі тролейбуса з номінальною напругою 600 В постійного струму. Особливу небезпеку становлять конденсаторні батареї силових блоків тролейбуса — вони зберігають залишковий заряд навіть після відключення живлення. Це означає, що перед початком монтажних робіт їх обов'язково потрібно розрядити.

Підключення роз'ємів та кабелів пристрою до бортової мережі без попереднього відключення живлення може призвести до виникнення електричної дуги, яка становить загрозу опіків для рук та обличчя працівника.

Крім того, пошкодження ізоляції кабелів під час монтажу у вузьких технічних відсіках створює ризик ненавмисного торкання струмоведучих частин.

Несприятливий мікроклімат

Робота майстра виконується як у приміщенні депо, так і безпосередньо у технічних відсіках тролейбуса. В умовах депо специфіка великих виробничих приміщень із постійним рухом рухомого складу через ворота спричиняє протяги та різкі перепади температури. Взимку це призводить до переохолодження працівника, особливо під час тривалого перебування в оглядовій ямі. Влітку нагрів від електрообладнання та недостатня вентиляція можуть спричинити перегрів організму.

Нормативні параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 наведено в таблиці 4.2 [29].

Таблиця 4.2 – Нормативні параметри мікроклімату

Категорія робіт	Сезон	Оптим. t, °C	Допуст. t, °C	Оптим. ф, %	Допуст. ф, %	Швидкість повітря, м/с
Па (175–232 Вт)	Холодний	17–19	15–21	60–40	75	≤ 0,2
Па (175–232 Вт)	Теплий	19–21	16–27	60–40	70	0,2–0,4
Пб (232–290 Вт)	Холодний	15–17	13–19	60–40	75	≤ 0,3
Пб (232–290 Вт)	Теплий	17–19	15–27	60–40	70	0,2–0,5

Інші шкідливі фактори

Під час проведення контрольних заїздів для перевірки гальмівних параметрів тролейбуса рівень шуму в кабіні та салоні перевищує допустимі норми, що негативно впливає на слух та концентрацію уваги майстра. Робота в

технічних відсіках та підкузовному просторі троллейбуса характеризується недостатньою природною освітленістю, що ускладнює точні монтажні операції з датчиками та електронними компонентами та підвищує ризик помилок. Монтаж давачів GNOM у пневматичну підвіску в умовах обмеженого простору потребує незручних робочих поз та може призвести до механічних травм від гострих кромek деталей підвіски.

3.3 Організаційно-технічні заходи з забезпечення безпеки

Організаційні заходи для захисту майстра від виявлених небезпек запроваджуються такі організаційні заходи:

Навчання та перевірка знань з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [27]: вступний інструктаж перед початком роботи, первинний – на робочому місці, повторний – кожні три місяці.

Присвоєння групи з електробезпеки не нижче III — обов'язкова умова для самостійного виконання робіт із підключення пристрою «Ефект-02» до бортової мережі троллейбуса [25].

Видання наряду-допуску перед початком будь-яких робіт з підключення або від'єднання пристрою від бортової мережі троллейбуса, що перебуває під напругою [25].

Вивішування заборонних плакатів «Не вмикати! Працюють люди» на вимикачах живлення троллейбуса перед початком монтажних робіт.

Заборона виконувати роботи в оглядових ямах та закритих технічних відсіках поодиночі — обов'язкова присутність страхувальника.

Забезпечення майстра засобами індивідуальної захисту: діелектричні рукавиці та килимок — під час підключення до бортової мережі; захисні окуляри — під час монтажних робіт; переносний світильник безпечної напруги — під час роботи у відсіках та ямах; спецодяг та захисне взуття — постійно.

Встановлення раціонального режиму праці: регламентовані перерви тривалістю по 10 хвилин кожні дві години роботи для зниження зорового та психофізіологічного навантаження.

Технічні заходи із забезпечення електробезпеки

Обов'язкове відключення живлення тролейбуса та розрядження конденсаторних батарей через резистор перед початком монтажу давачів та підключення кабелів пристрою «Ефект-02».

Захисне заземлення корпусу пристрою «Ефект-02» та всіх металевих частин його кріплення відповідно до ПУЕ [26]: опір заземлення не більше 4 Ом.

Застосування кабелів та роз'ємів пристрою з подвійною ізоляцією, стійкою до механічних пошкоджень під час прокладання у технічних відсіках тролейбуса.

Живлення переносних світильників для роботи у відсіках та оглядових ямах — від мережі безпечної напруги: 36 В у приміщенні, 12 В у ямах [25].

Перевірка цілісності ізоляції кабелів пристрою перед шкірним підключенням до бортової мережі.

Технічні заходи з нормалізації мікроклімату та вентиляції

Щоб підтримувати нормальний мікроклімат на робочому місці, потрібно правильно розрахувати повітрообмін у приміщенні депо. Для розрахунку використовуються такі вихідні дані: площа ділянки $F = 250 \text{ м}^2$, висота приміщення $H = 4,5 \text{ м}$, обсяг приміщення $V = 1125 \text{ м}^3$, а кількість працівників дільниці становить 12 людина.

За нормованою кратністю повітрообміну.

Необхідний об'єм вентиляційного повітря визначається за формулою:

$$L_1 = n \cdot V = 4 \cdot 1125 = 4500 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1)$$

де L_1 — необхідний об'єм вентиляційного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

n — нормована кратність повітрообміну, год^{-1} ;

V — об'єм приміщення дільниці, м^3 ; $V = F \cdot H = 250 \cdot 4,5 = 1125 \text{ м}^3$.

для виробничих приміщень з тепловиділеннями приймається $n = 4 \text{ год}^{-1}$;

За надлишками тепла (теплий сезон).

Загальні теплонадходження в приміщення дільниці: від обладнання $Q_1 = 50000$ Вт; від системи освітлення $Q_2 = 1280$ Вт; від людей $Q_3 = 12 \times 200 = 2400$ Вт.

$$Q_{\text{надл}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 50000 + 1280 + 2400 = 53680 \text{ Вт}, \quad (4.2)$$

Необхідний повітрообмін за надлишками тепла:

$$L_2 = \frac{Q_{\text{надл}}}{(c \cdot \rho \cdot (t_{\text{внт}} - t_{\text{пр}}))} = \frac{53680}{(1005 \cdot 1,2 \cdot (27 - 18))} = 4947 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.3)$$

де L_2 — необхідний об'єм вентиляційного повітря за надлишками тепла, м³/год;

$Q_{\text{надл}}$ — надлишкові тепловиділення в приміщенні, Вт;

c — питома теплоємність повітря, $c = 1005$ Дж/(кг·°С);

ρ — щільність повітря, $\rho = 1,2$ кг/м³;

$t_{\text{внт}}$ — температура витяжного повітря, $t_{\text{внт}} = 27$ °С; (допустима для теплого сезону за ДСН 3.3.6.042-99);

$t_{\text{пр}}$ — температура припливного повітря, $t_{\text{пр}} = 18$ °С.

Прийняте розрахункове значення:

$$L = \max(L_1; L_2) = \max(4500; 4947) = 5000 \text{ м}^3/\text{год},$$

кратність повітрообміну:

$$n = L / V = 5000 / 1125 \approx 4,4 \text{ год}^{-1}.$$

Для нормалізації мікроклімату передбачено встановлення припливно-витяжної вентиляції продуктивністю 5000 м³/рік. Повітря при цьому подається безпосередньо на робочу зону — на висоті до 2 м від підлоги.

На в'їзних воротах депо встановлюється теплова повітряна завіса потужністю 15–20 кВт. Вона захищає приміщення від протягів у холодний сезон — тобто не дозволяє холодному зовнішньому вітру проникати всередину в момент відкриття воріт.

Для підтримки нормованої температури у холодний період року передбачено водяне опалення приміщення депо.

Заходи щодо нормалізації мікроклімату:

Влаштування припливно-витяжної механічної вентиляції з продуктивністю не менше 5200 м³/рік.

Встановлення теплових завіс на в'їзних воротах для запобігання надходженню холодного повітря взимку.

Опалення приміщення в холодний період: розрахункова температура робочій зоні — не нижче 16 °С для категорії Пб.

Аерація приміщення через фрамуги та витяжні ліхтарі у теплу годину.

Організація місць відпочинку із нормованим мікрокліматом (температура 21–23 °С).

Забезпечення працівників питною водою (не менше 0,5 л на особу на зміну) в теплий період.

Регулярний контроль параметрів мікроклімату: не рідше одного разу на місяць у теплий та холодний сезон (для дотримання ДСН 3.3.6.042-99).

Технічні заходи із захисту від інших факторів

Освітлення: встановлення LED-світильників для забезпечення нормованої освітленості $E = 500$ лк (ДБН В.2.5-28-2018, розряд IV); переносні світильники безпечної напруги для роботи у відсіках та ямах.

Захист від шуму: забезпечення навушниками або берушами у разі рівня шуму понад 85 дБА під час контрольних заїздів та роботи в зоні стендів.

Механічна безпека: застосування спеціального інструменту для монтажу давачів у важкодоступних місцях підвіски; захисні рукавиці від порізів під час роботи з кріпильними елементами.

Пожежна безпека: вогнегасники ВП-5 та ВВК-3,5 у приміщенні депо; АПС із тепловими та димовими давачами; заборона зберігання легкозаймистих речовин понад добову потребу [28].

4.4 Висновки до розділу 4

У розділі «Охорона праці» проаналізовано умови праці майстра з обслуговування бортових пристроїв оцінювання ефективності гальмівних систем під час роботи з модернізованим пристроєм «Ефект-02». На основі цього аналізу

розроблено комплекс організаційно-технічних заходів для підвищення рівня безпеки.

За результатами аналізу на робочому місці майстра виявлено 10 небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які систематизовано у таблиці 3.1. Найнебезпечніші з них — це ураження електричним струмом від бортової мережі троллейбуса (600 В) та залишкового заряду конденсаторних батарей, виникнення електричної дуги в момент підключення роз'ємів, а також несприятливий мікроклімат у приміщенні депо.

Для захисту майстра від виявлених небезпек запропоновано такі заходи:

Електробезпека — перед початком монтажних робіт обов'язково відключають живлення та розряджають конденсаторні батареї через резистор; корпус пристрою «Ефект-02» заземлюється ($R \leq 4 \text{ Ом}$); використовуються кабелі з подвійною ізоляцією; переносні світильники живляться від мережі безпечної напруги — 36 В у приміщенні та 12 В в ямах.

Організаційні заходи — для самостійної роботи майстру обов'язково присвоюється III група з електробезпеки; перед підключенням до бортової мережі оформлюється наряд-допуск; вивішуються заборонні плакати; робота в ямах та відсіках поодиночці - заборонена; інструктажі проводяться відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05.

Мікроклімат та вентиляція — розраховано необхідний повітрообмін $L = 5000 \text{ м}^3/\text{рік}$ (кратність $4,4 \text{ рік}^{-1}$); передбачено встановлення припливно-витяжної вентиляції, теплової зависи на в'їзних воротах потужністю 15–20 кВт та водяного опалення депо.

Освітлення - забезпечується нормована освітленість $E = 500 \text{ лк}$ (ДБН В.2.5-28-2018, розряд IV); для роботи в технічних відсіках та оглядових ямах використовуються переносні світильники безпечної напруги.

Захист від шуму та механічних травм — під час контрольних заїздів, коли рівень шуму перевищує 85 дБА, майстер використовує навушники або беруші; монтаж давачів GNOM у підвіску виконується спеціальним інструментом із захисними рукавицями.

Пожежна безпека — у приміщенні розміщено вогнегасники ВП-5 та ВВК-3,5; встановлено автоматичну пожежну сигналізацію з тепловими та димовими давачами; дотримуються норми зберігання легкозаймистих речовин.

Виконання всіх запропонованих заходів відповідно до вимог НПАОП 60.2-1.01-06, ДСН 3.3.6.042-99, ДБН В.2.5-67:2013 та ПУЕ забезпечити безпечні умови праці майстра. Це означає, що ризик виробничого травматизму в процесі обслуговування пристрою «Ефект-02» на складі міського електричного транспорту буде суттєво знижено.

ВИСНОВКИ

1. У роботі проведено порівняльний аналіз існуючих засобів для оцінювання ефективності гальмівних систем транспортних засобів – «п'яте колесо», оптичний комплекс CORRSYS-DATRON, деселерометри та пристрій «Вегас». З'ясовано, що найпоширенішим портативним засобом перевірки гальм в умовах реальної експлуатації є пристрій «Ефект-02». Проте він має суттєві недоліки у застосуванні на міському електротранспорті — оператору доводиться вручну вводити змінну масу рухомого складу, а поточний коефіцієнт зчеплення взагалі не враховується.

2. Розроблено систему автоматичного визначення поточної маси тролейбуса разом із пасажирями. Вона працює на основі датчиків тиску серії GNOM, які встановлюються у пневматичну підвіску. Оскільки між тиском у пневматичних подушках та навантаженням на вісь існує лінійна залежність, точність визначення маси становить від 1 до 3%. Це означає, що вводити масу вручну не потрібно.

3. Розроблено метод автоматичного визначення поточного коефіцієнта зчеплення тролейбусного колеса з дорожнім покриттям під час гальмування. Метод базується на визначенні гальмівної сили за допомогою датчика поздовжньої сили на колесі у співвідношенні з вертикальним навантаженням, яке визначається загальною масою тролейбуса. Пристрій базується на системі ASFT Computer System. До складу пристрою додатково введено: аналого-цифровий перетворювач для оцифрування сигналу датчика, GPS-трекер та GPS-приймач для визначення місцезнаходження та швидкості, контролер для управління накопичувачем, а також портативний накопичувач інформації для подальшої передачі даних на персональний комп'ютер.

4. Виконано розрахунок гальмівних параметрів тролейбуса методом інтервалів швидкостей для початкової швидкості 55 км/год. Отримано такі результати: гальмівний шлях у режимі встановленого гальмування $S = 43,1$ м,

загальна година гальмування $T = 5,7$ с, повний гальмівний шлях від моменту появи помехи $S_{заг} = 50,7$ м.

5. У розділі охорони праці виявлено 10 небезпечних та шкідливих виробничих факторів на робочому місці майстра з обслуговування бортових пристроїв оцінювання ефективності гальмівних систем. Розроблено комплекс організаційно-технічних заходів: забезпечення електробезпеки під час роботи з бортовою мережею 600 В, розраховано необхідний повітрообмін $L = 5000$ м³/год (кратність 4,4 год⁻¹), нормовану освітленість $E = 500$ лк, а також захист від шуму в процесі контрольних заїздів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3649-97. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. Введ. 01.01.99. К.: Вид-во стандартів, 1997. 18 с.

2. Єленіч М. П., Єленіч А. П., Яропуд В. М., Літвінкевич О. В. Дослідження і розрахунок гальмівного шляху легкового автомобіля підвищеної прохідності при гальмуванні без блокування коліс. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 12(75), 2013. С.67-71.

3. Кульбашна Н. І. Безпека руху та гальмівні системи : конспект лекцій 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 ; уклад. Н. І. Кульбашна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 118 с.

4. Ребедайло В. М., Кашканов В. А. Дослідження впливу маси автомобіля на довжину гальмівного шляху. Матеріали V-й міжнародної науково – технічної конференції «Автомобільний транспорт: проблеми и перспективы». Севастополь, СевНТУ. 2002. С.89-93.

5. Князь В. І., Маланчук В. В., Москалюк А. В., Олійник О. В., Славін В. В. Вплив способу гальмування на гальмівну динаміку автомобіля. Молодий вчений. № 6 (70) , 2019. С. 9-13.

6. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Організація експлуатації міського електротранспорту» (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Н. І. Кульбашна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 125 с.

7. Aaejournal. Режим доступу: <http://www.aaejournal.com/pdf-99405-31718?filename=Reliability-measurement-a.pdf>
8. ТОВ «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС» <http://ptsukraine.com/>
9. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Введ. 01.07.2011]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 28 с.
10. ТОВ НВФ «Стандарт-М». Режим доступу: <http://standart-m.com.ua/oborudovanie-dlya-tehosmotra/pribor-proverki-tormoznyh-sistem-effekt-02?mova=uk>
11. Unimetal. Режим доступу: <https://unimetal.com.ua/product/deselerometr-effekt-02/>
12. МЕТРОЛОГ. Режим доступу: https://metrolog.com.ua/ua/product/izmeritel_tormoznih_sistem_effekt02
13. ТОВ «УКРПРОФТРАНС». Режим доступу: https://technoton.kiev.ua/datchiki_nagruzki_na_osi/
14. Vis-Shop. Режим доступу: <https://vis-shop.com.ua/sistema-bortovogo-vzveshivaniya-avtomobilya>
15. FUEL-CONTROL. Режим доступу: <https://fuel-control.com.ua/ua/p497160727-datchik-davleniya-tehnoton.html>
16. TECHNOTON. Режим доступу: <https://www.technoton.by/produkty/besprovodnoy-datchik-nagruzki-dde/>
17. Скуріхін І. Л. Механічне обладнання рухомого складу міського електротранспорту. Навчальний посібник з грифом МОНМСУ // І. Л. Скуріхін, А. В. Коваленко. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 24 с.
18. Коваленко А. В. [Механічне обладнання транспортних засобів: конспект лекцій](#) (для студентів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / А. В. Коваленко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 136 с.

19. Логачов Є. Г. Теоретичні основи обробки і зберігання результатів обстеження пасажиропотоків на зупинках маршрутів міської пасажирської транспортної системи. Зб. наук. пр. НТУ та ТАУ. 2002. Вип. 14. С. 60–63.

20. Правила експлуатації трамвая та тролейбуса [Електронний ресурс] : наказ Міністерства інфраструктури України 03.02.2020 : чинний з 17.04.2020. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>

21. 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. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1146-06#Text>

22. Методичні рекомендації до проведення практичних робіт з дисципліни «Правила експлуатації міського електричного транспорту» (для студентів 5–6 курсів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : В. Х. Далека, В. М. Шавкун, О. С. Козлова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 53 с.

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

24. Закон України «Про охорону праці». Відомості Верховної Ради України. — 1992. — № 49.

25. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. — Київ, 1997.

26. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Затверд. наказом Міненерговугілля №476 від 21.07.2017.

27. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

28. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України №1417.

29 ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — МОЗ України, 1999.

30. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. — Мінрегіон України, 2013.

31. ДСТУ EN 61140:2019. Захист від ураження електричним струмом. Загальні аспекти установок та обладнання.

32. НПАОП 60.2-1.01-06. Правила охорони праці на міському електричному транспорті.