

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка до дипломної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Підвищення надійності експлуатації тролейбусного парку»

ХАІ.107.163т.24В.274. 123114.ПЗ

Виконав: здобувач (ка) 2 курсу групи № 163т

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне господарство

(найменування)

Кварта Д.Г.

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Доля К.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Григорович А.М.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет Літакобудування

(повне найменування)

Кафедра № 107 «Автомобілів та транспортної інфраструктури»

(повне найменування)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне господарство

(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

Наталія КОБРИНА

(підпис)

(ініціали та прізвище)

«22» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кварат Дмито Григорович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Підвищення надійності експлуатації тролейбусного парка»

керівник кваліфікаційної роботи д.т.н., доцент Доля Константин Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №11530–уч від «02» «01» 2024 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 19.01.2024 року

3. Вихідні дані до роботи Електронні ресурси з проектування інноваційної матеріально–технічної бази. Довідкова література з питань охорони праці, Наукові джерела з розрахунку вартості основних виробничих фондів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) Дослідження конструкції системи живлення тролейбуса методів підвищення надійності, а саме аналіз існуючих систем, порівняння, принцип роботи, порівняння способів підвищення надійності і внесення пропозицій по покращенню системи.

5. Перелік графічного матеріалу презентація у вигляді слайдів в кількості 10 шт.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітичний розділ	Доля К.В	10.10.2023	31.10.2024
Практичний розділ	Доля К.В.	31.11.2023	10.01.2024

Нормоконтроль _____ Наталія КОБРИНА « 16 » січня 2024р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналітична частина	31.10.23	
2	Практична частина	25.11.23	
3	Оформлення пояснювальної записки	10.12.23	
4	Подання дипломної роботи до кафедри	10.01.23	

Здобувач _____
(підпис)
Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Кварта Д.Г.
(ініціали та прізвище)
Доля К.В.
(ініціали та прізвище)

Зміст

ЗАВДАННЯ.....	2
РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП...../.....	7
1. Розвиток тролейбусів.....	9
1.2 Основні напрямлення розвитку.....	9
1.3 Класичні тролейбуси.....	11
1.4 Основні проблеми.....	14
1.5 Тролейбуси з автономним ходом.....	14
1.6 Розвиток аккумуляторних батарей.....	15
1.6.1 Типи аккумуляторних батарей	17
1.6.2 Профіль маршруту.....	21
1.6.3 Висновок до розділу.....	22
1.7 Концепт однопроводної лінії.....	22
1.7.1 Моделювання контактної мережі-пантографа.....	25
1.7.2 Робоче положення пантографа.....	26
1.8 Підсумок до розділу.....	30
2. Існуючі патенти в галузі.....	31
2.1 Людський фактор.....	34
3. Методи підвищення надійності.....	36
3.1 Модернізація струмоз'ємних контактів.....	37
4. Конструкція струмоприймача.....	38
5. Аналіз основних проблем при експлуатації.....	44
5.1 Аналіз впливу терміну служби електрообладнання на ймовірність безвідмовної роботи.....	45
5.2 Вплив обмерзання проводу на рух електротранспорту.....	48
6. Шляхи вирішення проблеми обледеніння.....	51
6.1 Огляд та модернізація токоприймальної головки.....	53
6.2 Контактная головка.....	54

6.3 Типи токоприймальних контактів.....	56
7. Модернізація токоприймальної головки.....	50
7.1 Конструкція головок токоприемників штангового типа.....	52
7.2 Економічна складова.....	54
Висновок.....	
Список літератури.....	

РЕФЕРАТ

Звіт про дипломну роботу складає: 80 стор., 23 рисунків, 2 таблиці, 6 джерел, 19 слайдів.

Об'єкт дослідження – система живлення тролейбуса.

Мета роботи – аналіз системи живлення тролейбуса, огляд існуючих рішень та патентів, аналіз можливих несправностей та причин їх виникнення і внесення пропозицій щодо підвищення надійності цієї системи. Зміст дослідження:

- 1) огляд історії розвитку тролейбусного парку. Передумови виникнення електротранспорту;
- 2) аналіз сучасних систем;
- 3) основні елементи системи живлення тролейбуса;
- 4) огляд основних несправностей та причин їх виникнення;
- 5) модернізація існуючої системи з метою підвищення надійності;

Метод дослідження – підвищення надійності системи живлення тролейбуса.

Розглянуто основні показники надійності. Зроблено аналіз конструкції систем приймання струму, розглянуто метод підвищення надійності. Внесено пропозицію, щодо модернізації струмоприймальних головок з метою підвищення їх надійності, а також проведений економічний аналіз доцільності цієї модернізації.

ТРОЛЕЙБУС, ПАНТОГРАФ, СТРУМОПРИЙМАЛЬНА ГОЛОВКА,
ГРАФІТНА ВСТАВКА,

ВСТУП

Взаємодія між транспортом і суспільством має парадоксальний характер. Це пов'язано з тим, що транспорт приносить значні соціально-економічні вигоди, але водночас чинить значний екологічний вплив.

Найважливішими впливами є [1]:

- Зміна клімату
- Якість повітря
- Шум
- Якість води
- Якість ґрунту
- Біорізноманіття

Електричні транспортні системи допомагають пом'якшити перші три впливи, а такі види громадського транспорту, як трамвай, наразі успішно впроваджуються (або переосмислюються як легкорейковий) у Великій Британії] і континентальній Європі. Однак величезні витрати і час, необхідні для усунення перепробігів, залишаються головною перешкодою для впровадження нових трамвайних систем. Тому оновлені тролейбуси можуть стати альтернативним рішенням для міського громадського транспорту в майбутньому.

Сучасні тролейбуси живляться електрикою від повітряних дротів. Однак, на відміну від трамваїв, тролейбуси використовують гумові шини. Порівняно з трамваями та підземними системами, нові тролейбусні системи потребують менше інвестицій і мають коротший період впровадження, оскільки вони можуть використовувати наявну дорожню мережу. Тролейбуси також мають перевагу перед звичайними автобусними системами з точки зору терміну служби, оскільки в них менше систем, які потребують технічного обслуговування, таких як поршневі двигуни. Однак через відсутність "надземних" шляхів

тролейбусні системи потребують двох ліній електропередач. Ці дві повітряні лінії є основним недоліком троллейбусних систем.

Концепція троллейбуса була поширена на системи комерційного вантажного транспорту. Щоб відповідати вимогам щодо скорочення викидів, мінімізації збоїв у роботі та зниженню витрат на установку, експлуатацію та технічне обслуговування, компанія Siemens нещодавно запустила передовий проєкт електронного шосе, який з 2012 року тестують у Каліфорнії, Швеції та Німеччині. У цій системі використовуються традиційні двопровідні підвісні пантографи.

У цій статті представлено нову концепцію активного управління струмом у троллейбусах.

1. Розвиток троллейбусів

1.1 Істроія розвитку

Ключові технології для троллейбусів були винайдені понад 100 років тому. Сьогодні передові технології, такі як потужні напівпровідники, вуглецеве волокно (для пантографів) і програмовані контролери, широко використовуються в залізницях і трамваях, а також були впроваджені в сучасні троллейбуси. Однак у принципі базова конструкція пасивного подвійного пантографа з подвійними повітряними проводами, показана на рисунку 1, не зазнала істотних змін. Нові повністю електричні поїзди також покликані задовольнити потребу міста в скороченні викидів CO₂.

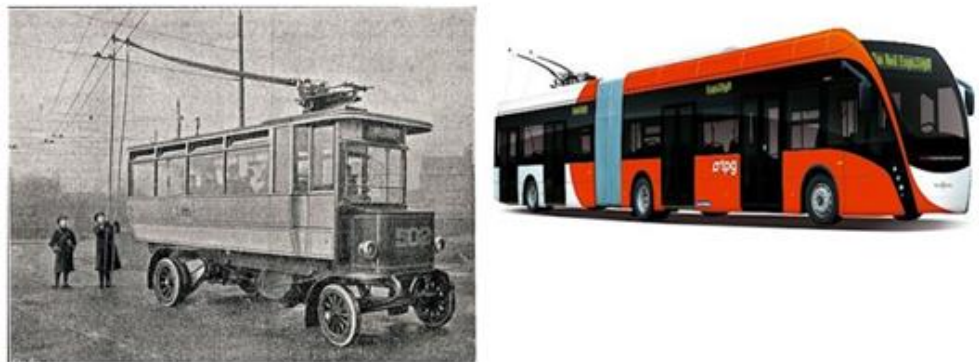


Рисунок 1. – Порівняння перших та сучасних троллейбусів

Залишаються проблеми подвійних повітряних ліній і складного підвісного шляху на перетинах і перехрестях.

Прототип конструкції троллейбуса нового покоління показано на рисунку 2. Великий троллейбус, який використовується в гірничодобувній промисловості, показаний на рисунку 2.

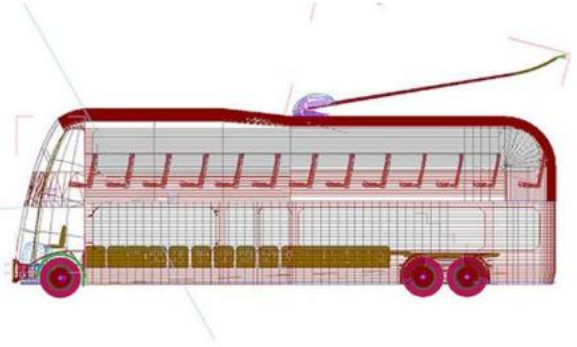


Рисунок 2. – Схема лондонского троллейбуса нового поколения



Рисунок 3. – Вантажний автомобіль на електротязі



Рисунок 4. – Вантажний автомобіль на електротязі

1.2 Основні напрямлення розвитку

Існує три основних напрямки в дизайні сучасних тролейбусів.

- Класичні тролейбуси.
 - Автономні тролейбуси;
 - Тролейбуси з використанням однієї контактної лінії.
- Кожен із цих напрямків має свої переваги та недоліки.

1.3 Класичні тролейбуси

Класичні тролейбуси є найоптимальнішим типом громадського пасажирського транспорту (ГПТ) з точки зору конструктивних та експлуатаційних параметрів.

До загальних очевидних переваг тролейбусного транспорту можна віднести повну екологічність, низький рівень зовнішнього та внутрішнього шуму.

Порівняно з іншими типами та підтипами, класичні тролейбуси без автономних електричних силових установок мають низку конструктивних та експлуатаційних переваг, таких як

- Маса транспортного засобу і повна конструктивна маса не більше 18 000 кг;
- номінальна пасажиромісткість - найбільша серед усіх типів колісних ГК ППП, особливо автобусів, гібридних автобусів і електробусів, досягаючи 105-106 пасажирів для тролейбусів з довжиною кузова близько 12,0 м і збільшуючись не менше ніж до 110-115 пасажирів при використанні тягової осі з незалежною підвіскою коліс; при використанні тягових мостів із незалежною підвіскою коліс це число може бути збільшене до 110-115 осіб.
- Відсутність великих моторних відсіків, як в автобусах, дає змогу краще використовувати простір салону для посадки і пересадки пасажирів;
- Висока надійність за рахунок меншої кількості вузлів і агрегатів.

Сучасні тролейбуси - це надійні, високотехнологічні транспортні засоби, оснащені за останнім словом техніки. Більшість нових тролейбусів можуть рухатися незалежно від повітряних ліній завдяки системам подвійного приводу.

Силовий (електрична або дизельна допоміжна силова установка) або гібридний (надлишкова електрична енергія, що виробляється під час гальмування, накопичується в батареях або суперконденсаторах). Електроприводні двигуни створюють набагато менше вібрацій і шуму, ніж двигуни внутрішнього згоряння і властиві їм трансмісії. Оскільки силова установка тролейбуса набагато менша, по відношенню до довжини транспортного засобу звільняється більше місця, яке використовується для комфорту пасажирів. Крім того, енергоефективність електродвигуна "за кермом" (35 %) порівняно з механічною трансмісією двигуна внутрішнього згоряння (25 %) робить тролейбуси найекономічнішими та найекологічнішими великими транспортними засобами. Тролейбуси можуть перевозити майже стільки ж пасажирів, скільки і трамваї, якщо використовувати двоскладові транспортні засоби, як це відбувається в деяких швейцарських містах. Тролейбуси (що випускаються виробниками тролейбусів, дизельних і газових автобусів) мають довжину близько 24 м; дозволена довжина транспортного засобу в ЄС - 18,75 м, хоча для деяких маршрутів транспортна влада може зробити виняток.



Рисунок 5.– Тролейбусний маршрут в міській застройці

Останніми роками з'явилося безліч троллейбусів з футуристичним дизайном, мета якого - надати троллейбусам характерного вигляду і зробити їх легко відрізнитись від дизельних і газових автобусів. Крім того, такий привабливий дизайн викликає інтерес і привертає увагу всіх городян, а не тільки користувачів ПТ. Вперше такий дизайн був представлений компанією Cristalis в Ліоні в 2005 році, потім пішли модернізовані троллейбуси Solaris/Cegelec, MetroStyle і VanHool/Kiepe, а в 2012 році - EquiCity в Зальцбурзі і Пармі. Ці сучасні троллейбуси дуже схожі на сучасні трамваї: новий швейцарський троллейбус Hess Swiss Trolleybus 4, поставлений до Ліможа 2013 року, також було оновлено, він отримав більш обтічний дизайн.

Однак, незважаючи на всі перераховані вище переваги, класичні троллейбуси мають дуже важливий недолік на етапі розвитку троллейбусного транспорту: вони не такі ефективні, як сучасні троллейбуси. Саме з цією особливістю троллейбуса пов'язана перспектива відродження троллейбусного транспорту на новому рівні. Однак це не означає повної відмови від використання класичних троллейбусів.

1.4 Основні проблеми

Основні проблеми, такі як негнучкість роботи та накладні витрати у вигляді дровових систем. Провідні системи (рис. 6) набули широкого поширення. Ці мережі можуть спричинити проблеми в наявних пасивних троллейбусних пантографах, особливо на перехрестях, секціонувальних пристроях і роз'єднувачах. Йдеться про виникнення дуги між контактною підвіскою та головним елементом пантографа. Крім того, проблема незапланованих відключень (і подальшого ручного повторного підключення) може викликати серйозні затори в пікові періоди і є серйозною проблемою для експлуатуючих організацій.



Рисунок 6. – Загрузка електричних магістралів в місті

1.5 Тролейбуси з автономним ходом

Нині Європейський союз (ЄС) прагне знизити вплив викидів вуглекислого газу на навколишнє середовище. Особливо в міських районах багато автомобілів працюють на викопному паливі. З цієї причини у великих містах створено зони з нульовим рівнем викидів у центрах міст. З цієї ж причини робляться спроби впровадити електромобілі з нульовим або зниженим рівнем викидів вуглекислого газу в громадський транспорт. Цікавим підходом, який ще не до кінця вивчений, є використання технології акумуляторних троллейбусів (рис.

7). Ця технологія поєднує в собі переваги звичайних тролейбусів та електробусів. Деякі економічні дослідження стверджують, що використання тролейбусів із частковою зарядкою є неприйнятним. Акумуляторні тролейбуси є найбільш вигідною екологічно чистою технологією з усіх наявних на сьогоднішній день.



Рисунок 7. – Рух тролейбусів на ділянці без електричних магістралей

1.6 Розвиток акумуляторних батарей

Електричні автобуси можуть допомогти знизити споживання енергії, викиди парникових газів, забруднення навколишнього середовища та шум. Одна можлива концепція електробуса – зарядка у русі. Як комбінація тролейбуса та акумуляторного електробуса, акумуляторний тролейбус може працювати тільки в акумуляторному режимі, і тому кількість встановлених контактних проводів може бути значно зменшена. У порівнянні з іншими електробусами тролейбус з акумуляторною батареєю є найбільш економічною автобусною системою для ліній з високою пропускною здатністю.

Акумуляторний тролейбус – це транспортний засіб, у якому використовується електричний двигун. Електрику в основному отримують

з контактних проводів прокладені над дорогою. Однак, порівняно зі звичайним тролейбусом, він має перевагу в можливості проходити ділянки траси без таких контактних проводів. Це досягається за рахунок додавання додаткового джерела енергії. Можливі два підходи до додаткового джерела енергії. Одним з них є додавання дизеля, що служить електрогенератором для головного електротягового двигуна і призначеного тільки для включення на ділянках маршруту без контактних проводів. Чим цікавіший та екологічніший Зручний спосіб – додати батарею, яку можна буде заряджати на електрифікованих ділянках, можливо, також шляхом рекуперації.

Батареї, що використовуються в автомобілі, можуть бути меншого розміру, вони служать лише як допоміжне джерело живлення. Цей підхід також дає менше екологічно небезпечних відходів при заміні тягового акумулятора. Тяговий акумулятор також має суттєво меншу ємність, ніж у тягових батареях у звичайних електричних автобусах, але вона може забезпечити достатню потужність для подолання деяку відстань без контактних дротів. Основні переваги також полягають у тому, що транспортним засобам ніколи не доведеться зупинятися для заряджання батареї. Їхня ефективність однакова під повітряними проводами та з батареями. Також є суттєва економія енергії.

Результати опублікованих досліджень показують, що можна заощадити до 20% енергії, порівняно зі звичайним тролейбусом [Ritter et al. (2016)] Основні вузли акумуляторного тролейбуса рисунку 8.

Очікується, що загальна вартість тролейбусів з акумуляторним харчуванням буде вищою, ніж у традиційних тролейбусів, але експлуатаційні витрати на тролейбуси з акумуляторним харчуванням, включаючи технічне обслуговування, як очікується, будуть нижчими, ніж у традиційних тролейбусів, на підставі інформації, представленої в [al. (2017)].

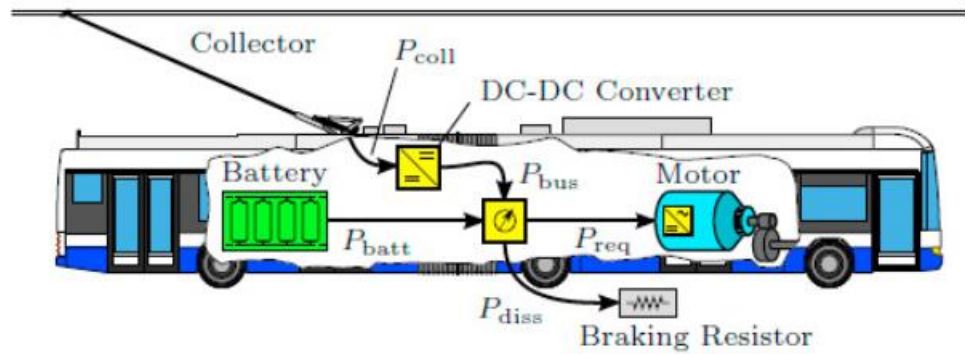


Рисунок 8. – Схема тролейбуса

1.6.1 Типи акумуляторних батарей

Тягові акумулятори вважаються важливим компонентом акумуляторного тролейбуса. Перевага полягає в тому, що ця нова технологія вимагає від двох до десяти разів менше батарей, ніж електричні автобуси з повною батареєю. Більше того, у разі недоступності маршруту або відключення електроенергії у контактних проводах транспортний засіб може легко продовжити рух.

Найважливішим параметром акумулятора є ємність. Місткість бортового акумулятора не є обов'язковою для багатьох виробників. Останнім часом ємність акумулятора можна вибирати від 20 до 100 кВтг. Якщо клієнт вибере акумулятор більшої ємності, вага автомобіля збільшиться. Це призводить до зменшення пасажиропотоку. Логічно, що запас ходу автомобіля збільшиться. Встановлення акумуляторів більшої ємності негативно впливає вартість придбання автомобіля і навпаки.

Типи акумуляторів, що найчастіше використовуються - NiCd, Li-ion і оксид титанату літію. Літій-іонні акумулятори мають співвідношення ємності до ваги втричі вище, ніж нікель-кадмієві акумулятори. Місткість акумулятора літій-іонної акумуляторної батареї масою 800 кг становить 80 кВтг.

Запас ходу акумуляторного тролейбуса, що використовує лише тягові акумулятори, варіюється від 10 км до 30 км залежно від ємності акумулятора, температури навколишнього середовища, профілю

маршруту, завантаження автомобіля та багатьох інших факторів. [Райс (2017)], [Бартломійчик (2017)], [Бартломейчик та ін. (2013)].

Термін служби тягової батареї обмежений. Використані акумулятори вважаються потенційно небезпечними відходами навколишнього середовища, незважаючи на те, що технології розвиваються. Saft Industrial Battery Group стверджує, що їх тягові Ni-Cd акумулятори повністю підлягають вторинній переробці, а робочі температури знаходяться в діапазоні від -20°C до $+55^{\circ}\text{C}$ [SAFT (2016)].

Термін служби батареї залежить від вибору правильної стратегії заряджання. У статті [Rogge та ін. (2015)], автори рекомендують використовувати рівень заряду акумулятора від 20% до 90%. Це значно продовжує термін служби батареї. Функція заряджання акумулятора не є лінійною. Однак ця функція може бути апроксимована лінійною функцією, якщо ємність SOC становить менше 80%, без істотної помилки згідно зі статтею [Montoya et al. (2017)]. Для підтримання оптимального терміну служби тягової батареї та економії електричної енергії рекомендується дотримуватись цих обмежень. Таким чином, SOC автомобіля повинен коливатися в межах від 20 до 80% фактичної ємності акумулятора.

Термін служби акумулятора залежить від логічного вибору стратегії заряджання. У статті [Rogge та ін. (2015)] автори рекомендують використовувати рівень заряду акумулятора від 20% до 90%. Це значно продовжує термін служби батареї. Функція заряджання акумулятора не є лінійною. Однак ця функція може бути апроксимована лінійною залежністю, якщо ємність SOC становить менше 80%, без суттєвої помилки згідно зі статтею [Montoya et al. (2017)]. Для підтримання оптимального терміну експлуатації тягової батареї та економії електроенергії рекомендується дотримуватись обмежень. Таким чином, SOC автомобіля повинен відключатися в межах від 20 до 80% фактичного заряду акумулятора.

Основними необхідними даними про автомобіль є середній акумулятор на рівній дорозі без рекуперації. Зміна температури має становити 18° . Це значення включає безліч різних факторів, у тому числі вага транспортних засобів, кількість пасажирів, опір коченню, опір повітря і т. д. З доступних джерел витрата при нормальній роботі акумулятора становить від 1 до 2 кВтг/км. Після врахування запису, температури навколишнього середовища та маршруту профілю це значення буде скориговано.

Згідно з кількома документами, рекуперація має значний потенціал енергозбереження, якщо акумуляторний троллейбус має таку технологію. Потенціал економії становить від 0,3 до 0,6 кВтг/км. Автобусний парк, що складається тільки з троллейбусів з акумулятором, має акумуляторні батареї. Потужність досить велика, щоб повністю зберегти енергію рекуперації, енергія не передається через електричну мережу та не розсіюється на гальмівних резисторах. В результаті електрична мережа служить лише джерелом енергії.

Залежно від кліматичних умов часто доводиться використовувати кондиціонер або опалення. Таким чином, враховуватиметься значно вище споживання енергії в екстремальних погодних умовах [Kunith et al. (2017)]. У ході моделювання було проаналізовано енергоспоживання електричного громадського транспорту. У цьому дослідженні основна увага приділялася порівнянню температури навколишнього середовища 18°C як ідеальних умов та надзвичайно низької температури навколишнього середовища -17°C . Цікавим результатом було те, що споживання енергії транспортним засобом на тому самому маршруті збільшується до 34% за температури навколишнього середовища. вкрай низький. Це викликано необхідністю обігріву салону, т.к. а також нагрівання батарей.

Повітряні контактні дроти та їх обслуговування становлять значну частину вартості всієї транспортної системи. Тому робляться спроби мінімізувати його. У майбутніх дослідженнях ми зосередимося на розробці

мінімальної мережі. Крім того, можна враховувати інші аспекти. Таким аспектом є також естетичний вплив повітряних контактних проводів, особливо у випадку історичних центрів. Використовуючи акумуляторні тролейбуси, можна спроектувати маршрут таким чином, щоб не були потрібні стовпи в невідповідних місцях, таких як згадані центри або великі центральні перехрестя. Загальну кількість стовпів можна зменшити за рахунок батарей у допоміжних пристроях тролейбуси. За наявними спостереженнями за експлуатацією таких транспортних засобів на обраному маршруті у м. Гдиня, можна припустити, що будівництво контактних проводів необхідне приблизно 50% маршруту. За певних умов цей відсоток може бути меншим.

Підключення та відключення тролейбуса до контактних проводів не впливає на тривалість поїздки, оскільки здійснюється безпосередньо на пристосованих зупинках під час посадки чи виходу пасажирів. Цей процес автоматизований і потребує встановлення допоміжного пристрою (рис. 3), що забезпечує правильне з'єднання колекторів з проводами.

Важливим фактором для акумуляторних тролейбусів є температура колекторів під час роботи. Це залежить від струму, що протікає через них. У [Бартломейчик (2017)] автори досліджували, який максимум струму підходить, щоб уникнути навантаження колекторів. Зробили висновок, що під час руху струм не повинен перевищувати 200А. та 150 А під час зупинки. Це означає, що потужність, що подається на акумулятори, не повинна перевищувати 120 кВт під час руху та 90 кВт під час зупинки. Однак при збільшенні струму швидкість заряду акумуляторів збільшиться. Струм, що подається на акумулятори, залежить від встановленого на борту зарядного пристрою. В даний час вивчаються можливості розміщення індуктивної зарядної установки на дорозі.

Однак будівництво повітряних контактних проводів конструкція не потребує розкопок, а обслуговування простіше, ніж під час індуктивного підходу. Згадав Роботи вирішують аналогічне завдання – проектування

мінімальної мережі індуктивної провідності. Тому після деякої адаптації деякі з їх результатів можуть бути використані в наших майбутніх дослідженнях.

1.6.2 Профіль маршруту

Профіль маршруту, яким рухається акумуляторний тролейбус, істотно впливає на його енергоспоживання. На підставі наявних розрахунків та моделювання [Jenkins (2018)], [Yang et al. (2014)], в основному їзда в гору істотно впливає на споживання енергії. Доступні ресурси надають дані, які можуть бути керівництвом. При нахилі підйому 5% ми очікуємо до 3-кратного збільшення споживання електроенергії. Можливо перекрити підйоми конструкції ПЛ, що вирішить проблему підвищеного енергоспоживання.

Від акумулятора. Позитивною новиною є те, що більшість акумуляторних тролейбусів оснащені функцією рекуперації. Це означає, що при гальмуванні можна заощадити частину енергії та використовувати її для заряджання тягових акумуляторів.

Профіль маршруту, яким рухається акумуляторний тролейбус, істотно впливає на його енергоспоживання. На підставі наявних розрахунків та моделювання, в основному їзда в гору істотно впливає на споживання енергії. Доступні ресурси надають дані, які можуть бути керівництвом. При нахилі підйому 5% ми очікуємо до 3-кратного збільшення споживання електроенергії. Можливо перекрити підйоми конструкції ПЛ, що вирішить проблему підвищеного енергоспоживання.

Від акумулятора. Позитивною новиною є те, що більшість акумуляторних тролейбусів оснащені функцією рекуперації. Це означає, що при гальмуванні можна заощадити частину енергії та використовувати її для заряджання тягових акумуляторів.

1.6.3 Висновок до розділу

Ми очікуємо, що інтерес до включення асистентів тролейбусів до складу міського транспорту зростатиме. Тому необхідно досліджувати складні засоби реалізації цієї технології. У нашій статті представлена інформація та розуміння цієї технології. У цій статті ми аналізуємо фактори, що впливають на проектування мінімальної мережі батарей допоміжні тролейбуси. Основний вплив полягає в тому, що ми підсумовували основні фактори та вибрали ті, які впроваджуватимемо в модель. Ми також здійснили демонстраційний розрахунок. Тут показано перебіг СЗ акумулятора після проходження окремих ділянок маршруту. На основі отриманих знань ми продовжимо подальші дослідження, спрямовані на вирішення задач оптимізації даних реальної транспортної системи.

1.7 Концепт однопроводної лінії

Впроваджена система (ACTCCS) з одиночним пантографом та однією повітряною лінією (ланцюговою лінією). Для струмознімання, а також електричні (тягові)-електричні (резервні акумуляторні або суперконденсаторні) гібридна (Е-Е гібридна) силова установка. Фундаментальною вимогою цієї концепції є динаміка контактної мережі-пантограф, методи активного контролю та порівняння досліджуються протягом усього дослідження. Ключові внески цього дослідження полягають у наступному:

Динамічна модель напівпасивного тролейбуса з пасивною контактної-пантографною системою:

- Для моделювання ланцюгової системи-пантографа введено статичну силу самогенерації.

- Динамічна модель і визначила найгіршу ситуацію з тролейбусом із пасивною катенарною пантографічною системою (зі швидкістю 20 м/с), яка застосовується при різних дорожніх порушеннях.

- Динамічні підстрибувальні та гібридні нелінійні моделі пасивної контактної-пантографної системи.

- Складне визначення контактної мережі та моделі, таких як перехрестя та перемикачі.

- Використовуйте динамічні підстрибувальні та складні моделі тролейбусних полотен для побудови рангу ризику несподіване відключення проводів та електрична дуга

- Спосіб керування (ПА-І) активним пантографом тролейбуса контактної мережі-пантографа.

у першому режимі роботи контактним зусиллям

- Метод керування (ПА-І) активним пантографом тролейбуса при плановому відключенні та операція перепідключення залежно від положення головки пантографа.

Концепція АСТСС є повністю активною системою, що використовує передові технології, такі як: багатоканальна система управління та спрацьовування; система позиціонування у реальному часі (RTLS); та електричні (тягові)-електрична (з резервною батареєю або суперконденсатором) гібридна (гібридна електроенергетична) силова установка. Це буде здатне до автоматичного відключення та повторного підключення пантографа, а також включення гібрида ЕЕ 19 тролейбус працюватиме від акумуляторної батареї або суперконденсаторів з відключенням проводів через бездротові секції. АСТСС матиме окремий пантограф і буде пов'язаний із єдиною повітряною лінією.

(ОНЛ) складається з двох контактних проводів та опціонально монтується зверху тролейбус на центральній лінії або ексцентрично в залежності від вимог конкретного застосування.

Подолання проблем іскріння та незапланованого відключення проводів (вроджена якість пасивний пантограф) є однією з ключових цілей впровадження АСТСС. Таким чином, завершено фундаментальне моделювання пасивного та активного пантографа тролейбуса.

Завдяки новій запропонованій системі не буде жодних непривабливих складних провідних мереж.

Над перехрестями, перехрестями, крутими поворотами чи складами. Водії зможуть пройти перехрестя або будь-яку екстрену операцію з відключення проводки (наприклад, перебудову в смугу руху для пересування).

Автомобіль зламався) без необхідності думати про відключення або перепідключення проводки аналогічним чином експлуатації автобуса із дизельним двигуном. У тролейбусі гібридного типу Е-Е акумулятор або суперконденсатор автоматично вклучатимуться під час роботи без проводів. Як можливе розширення АСТСС може бути застосовним до майбутніх гібридних вантажівок, що працюють на «ЕХайвей» [24]. На малюнку 1.3.1 графічний опис тролейбуса АСТСС та пантографа зі стрілою з однією повітряною лінією, де позитивний та негативний дроти розташовані близько один до одного. з'єднані в одну й ту саму структуру.

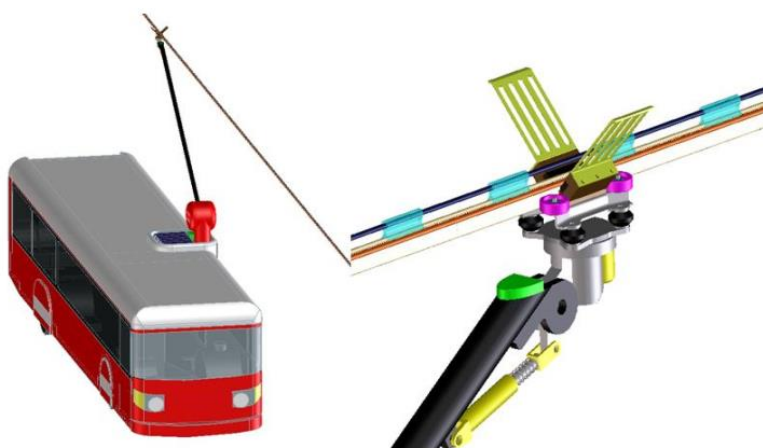


Рисунок – 9. Однопровідна лінія

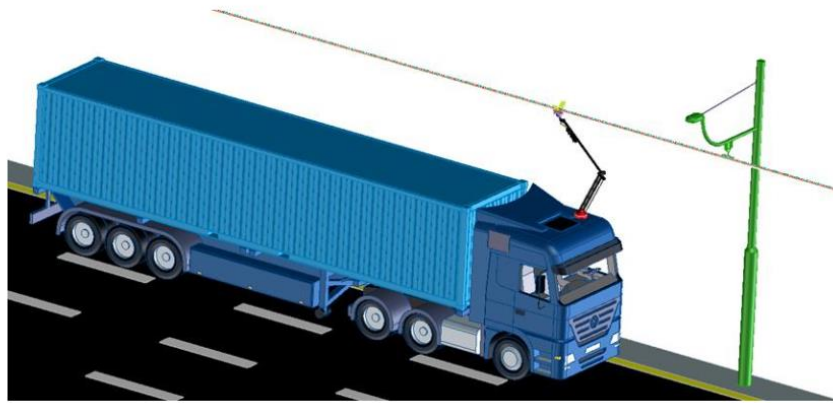


Рисунок – 10. Однопровідна лінія

1.7.1 Моделювання контактної мережі-пантографа

Насправді пантограф контактної мережі є інтерактивною системою, тому в цьому дослідженні необхідно було створити та об'єднати окремі моделі контактної мережі, початкове положення пантографа та статичну силу самогенерації для створення цілого пантографа контактної мережі тролейбуса. модель.

На рисунку 11 показано вертикальне зміщення одиночного контактного дроту (далі «ланцюгового») номінальної жорсткості для пантографа тролейбуса. Це ґрунтується на використанні чистого контактного дроту без з'єднувального кабелю.

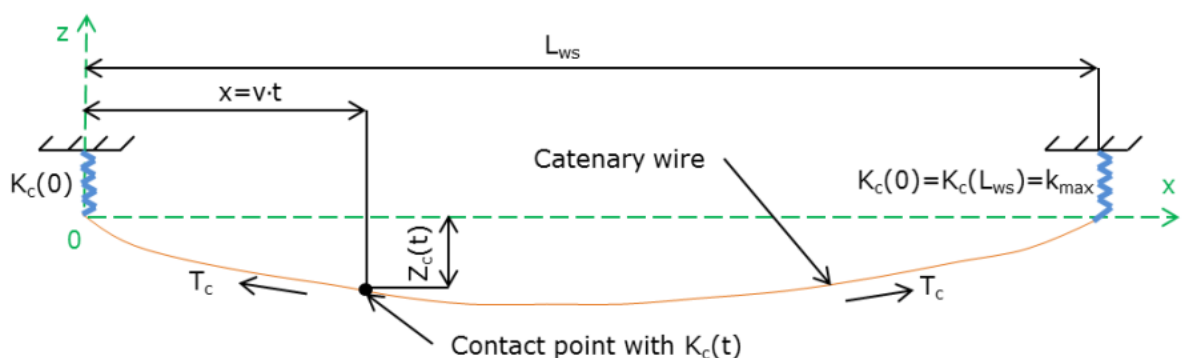


Рисунок 11. Модель провуда мережі.

$$Z_c(t) = \frac{g \cdot p}{2T_c} (v \cdot t - \frac{L_{ws}}{2})^2 - \frac{g \cdot p}{8T_c} (L_{ws})^2 = \frac{g \cdot p}{2T_c} [(v \cdot t)^2 - (v \cdot t) \cdot L_{ws}] \quad (1)$$

$$K_c(t) = k_{mean} (1 - \cos \frac{2\pi}{L_{ws}} v \cdot t) \quad (2)$$

$$k_{mean} = \frac{k_{max} + k_{min}}{2} \quad (3)$$

$$a = \frac{k_{max} - k_{min}}{k_{max} + k_{min}} \quad (4)$$

Де:

$Z_c(t)$: попереднє вертикальне зміщення контактної мережі;

$K_c(t)$: номінальна жорсткість проводу контактної мережі в точці контакту (N/m) ;

$K_c(0) = K_c(L_{ws}) = k_{max}$: Максимальна жорсткість контактної мережі (N/m) ;

k_{min} : Мінімальна жорсткість контактної мережі (N/m) ;

k_{mean} : контактна мережа середньої жорсткості (N/m);

a : Коефіцієнт варіації жорсткості;

L_{ws} : проліт контактної мережі між двома опорами (м);

T_c : натяг проводу контактної мережі (Н);

g : прискорення гравітації (9,8 м/с²);

ρ : лінійна маса проводу контактної мережі на одиницю довжини (кг/м);

x : відстань положення контакту від 0 осі x ($x=v \cdot t$) (м);

v : швидкість тролейбуса (м/с).

1.7.2 Робоче положення пантографа

За відсутності спрямованої вниз сили з боку дроту пантограф міг досягти максимального положення під дією пантографної пружини з попереднім натягом, встановленої в основі пантографа. Порівнюючи розмір головки пантографа зі стрілою пантографа, розмір головки пантографа можна не враховувати під час розрахунку положення пантографа. Пружина головки пантографа також не впливає на підйомну силу попереднього натягу. Насправді вихідне положення пантографа буде в точці балансу (кут підйому) сили тяжіння і підйомної сили попереднього навантаження на

пантограф-стріла пружина. На рисунку 12 схематично показано пантограф у максимальному та початковому положеннях. Фізичне обмеження призначене для надійного запобігання випадковому виходу пантографа за встановлене найвище положення (віртуальне), яке може ніколи не досягти. Отже, сила підтримки від жорстких обмежень не враховуватиметься у майбутніх моделях.

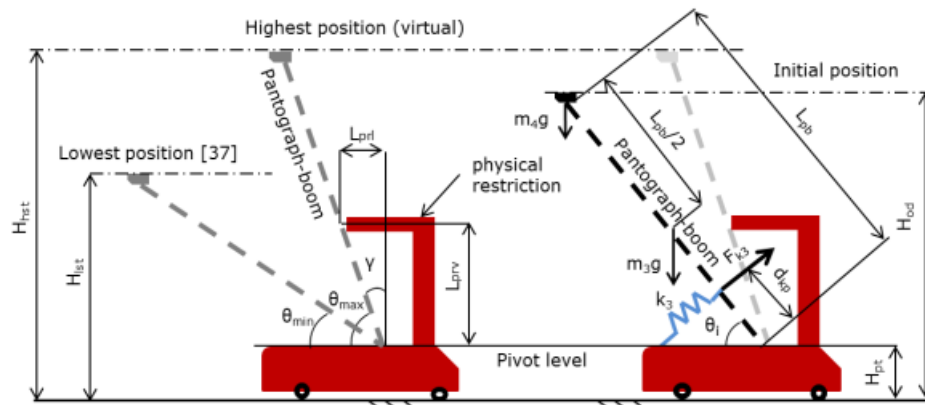


Рисунок 12. Схема та габарити токоприймальних штанг.

Де:

H_{hst} : найвище становище головки пантографа від землі (м);

H_{lst} : найнижче переважне положення головки пантографа від землі (4,7 м);

H_{nod} : вихідне положення головки пантографа від землі (м);

H_{pt} : поворотне положення пантографа із землі (3,50 м);

θ_{max} : максимальний кут підйому пантографа (градуси);

θ_{min} : кращий найменший кут підйому пантографа (градуси);

γ : кут пантографа між пантографом та вертикальною лінією (градуси);

L_{pb} : довжина стріли пантографа (6,0 м);

m_3g : маса пантографа-стріли;

k_3 : номінальна жорсткість пружини стріли пантографа (Н/м);

F_{k3} : підйомна сила попереднього натягу, що забезпечується k_3 (Н).

d_{kr} : відстань від точки встановлення пружини (k_3) до точки повороту пантографа (м);

m_4 : маса пантографної головки (4 кг);

L_{pr1} : обмеження ефективного рівня фізичного обмеження (0,125 м);

L_{prv} : ефективне вертикальне обмеження фізичного обмеження (0,40 м);

g : прискорення гравітації ($9,8 \text{ м/с}^2$).

Також легко отримати бажаний найменший кут підйому пантографа θ_{min} при перевірці якості початковий кут підйому пантографа θ_i отриманий і кут підйому пантографа θ під час роботи, який означає, що вони повинні знаходитися між θ_{min} і θ_{max} при будь-яких умовах.

$$\theta_{min} = \sin^{-1} \frac{H_{lst} - H_{pt}}{L_{pb}} = \frac{4.7 - 3.5}{6} = 11.5^\circ \quad (5)$$

Посилаючи на праву частину малюнка 3.2.2, підйомну силу попереднього навантаження (забезпечувану k_3) і силу тяги пантографа (включаючи стрілу і головку) у балансі за урівноваженням поворотного моменту.

$$F_{k_3} * d_{kp} = m_4 * g * L_{pb} \cos \theta_i + m_3 * g * \frac{L_{pb}}{2} \cos \theta_i \quad (6)$$

$$F_{k_3} = k_3 * d_{kp} * \tan \theta_i \quad (7)$$

$$\sin \theta_i = \frac{-k_3 * d_{kp}^2 + \sqrt{(3k_3 * d_{kp}^2)^2 + 16(m_4 + m_3)^2 * g^2 * L_{pb}^2}}{4(m_4 + m_3) * g * L_{pb}} \quad (8)$$

Як згадувалося в попередній голові, «Система активного управління системою збору струму тролейбуса» (АСТСС) являє собою нову концепцію збору електроенергії для тролейбусів з одиночним стержневим пантографом і спеціально розробленою одиночною повітряною лінією. Основная электрическая мощность.

Принцип збірки та системної динаміки взаємодії контактної мережі та пантографа аналогічні темі, які спостерігаються в системах важкого та легкорельсового транспорту. Єдина різниця між повітряною системою електропостачання поїзда (або трамвая) і дорожнього електромобіля (в тому числі тролейбуса) полягає в тому, що зворотний ток через сталеві колеса

подається в поїзд або трамвайний рельс, тоді як для автотранспорту (в тому числі тролейбуса) це неможливо із-за ізоляційних резинових шин.

Замість цього вводиться другий паралельний контактний провід, що дозволяє току течі зворотно до фідерної станції [47]. Крім того, динаміка тролейбуса (тобто є резинові шини і стандартна підвеска) аналогічна динаміці автобуса з дизельним двигуном.

Схема напівтролейбуса з боковим профілем з пасивною контактною сіткою-пантографом (зверніть увагу, що тут враховується тільки вертикальний контакт взаємодії контактної мережі і пантографа і не враховуються які-небудь бокове перемещение относительно тролейбуса, вызванное шатанием проводов).

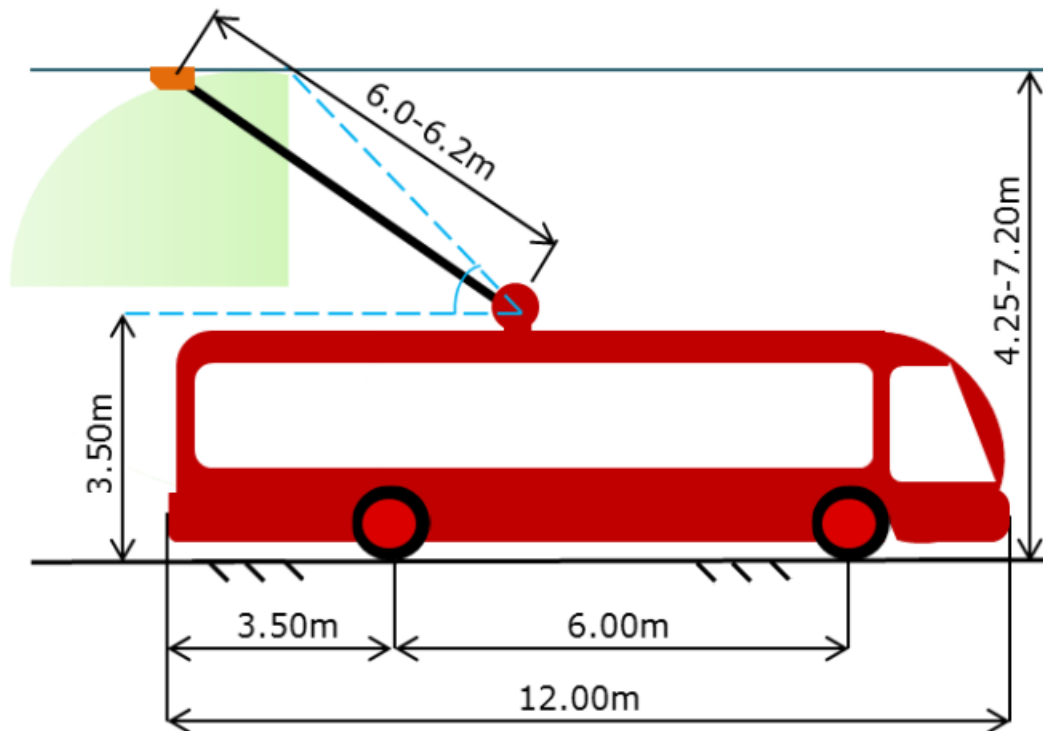


Рисунок 13. Габарити тролейбуса

Ця глава присвячена розробці металевої моделі пасивної системи збору току, яку можна використовувати для аналізу сучасних характеристик і порівняння переваг АСТСС. Це унікальна концепція одиночної стріли пантографа з одним повітряним проводом (включаючи два електричних

провода з малим зазором і мінімальними зазорами) [155], для якої не було виявлено подібних досліджень в області тролейбусів.

Є три ключові моменти, які можна чітко відрізнити між існуючою тролейбусною технологією та АСТСС. Вони заключаються в наступному:

Хоча існує безліч наукових статей в області транспортних систем, лише деякі з них безпосередньо пов'язані з тролейбусами. Однак статті, посвященні динамічним дослідженням цепенарипантографа для тролейбусних систем, нет. Більшість з них працюють тільки професійно.

інженерні публікації, а також на етапі планування проекту [4, 16, 19, 31, 35 і 38].

Двухстержневой пантограф з двома повітряними проводами, система живлення з тех пор не змінилася.

тролейбус введений в якості громадського транспорту, хоча є й інші ідеї [21, 42]

Ніяких наукових статів, присвячених активному управлінню пантографом в тролейбусних системах, виявлено не було. Даже в статтях, в яких розглядаються фундаментальні теми, відсутнє більш глибоке дослідження, таке як відключення та заміна проводки тощо. д. В одній статті про легкорельсовий транспорт (трамвай) дійсно містяться деякі характеристики, які корисні для досліджень. Крім того, було виявлено кілька патентів, що виникають автоматичного відключення та повторного підключення проводів. Однак, як показано в таблиці 2.1, більшість патентів пов'язані з ідеями механічної архітектури або електротехніки.

1.8 Підсумок до розділу

Були розглянуті численні статті в відповідних дослідженнях, а також широкий спектр наукових робіт, книг і статей в технічних виданнях. Конкретних статей, присвячених контактнo-пантографічному динамічному дослідженню тролейбусних систем, не виявлено.

Таким чином, була сформована значуща академічна карта досліджень АСТССС. Наслідком цього підходу був розроблений реалізований і визначені стратегії пізнавального дослідження для досягнення цілей цього дослідження.

2 Існуючі патенти в галузі

У рамках початкового дослідження було проведено глобальний патентний пошук для подальшого виявлення новітніх тенденцій розвитку струмоприймачів тролейбусів та відповідних технологій.

Компанія Patent Seekers Ltd уклала договір на незалежний пошук патентів у галузі тролейбусної техніки. у WO (Всесвітній організації інтелектуальної власності), США (патенти та патенти США). Відомство з товарних знаків), ЕРО (Європейське патентне відомство), GB (Британське відомство інтелектуальної власності), DE (Німецьке відомство з патентів та товарних знаків), CN (Китайське відомство з патентів та товарних знаків), JP (Патентне відомство) округу КР (Відомство інтелектуальної власності Кореї) та інші країни.

Світ охоплення не є повним для країн «решти світу», і оцінка ґрунтувалася на машинному перекладі назв, рефератів та добору будь-яких членів сім'ї, наприклад. через процес укладання договору про патентну кооперацію (РСТ). Надалі освітлення було обмежено англійською. мовні назви та анотації. Відповідні патенти були ідентифіковані за допомогою наступного пошуку визначення:

«Цей пошук стосується електричного тролейбуса з одним струмоприймачем для збору живлення від одного повітряного кабелю з двома проводами, розділеними ізолятором. та системи наведення у реальному часі» [44].

В результаті пошуку було виявлено близько 1800 патентів, що належать до тролейбусу, з них близько прочитано 450 тез та цілі відповідні малюнки

(деякі без малюнків). в порівнянні. Після ідентифікації та порівняння відповідні патенти були включені до шорт-листу та порівняно з таблицею

Patent number	Difference between searched patents and ACTCCS concept	Similarities
US20130245876	No active control; Double overhead line and pantograph-booms with ropes actuation	Function of automatic de-wiring and rewiring (by imagines sensing system)
US20130018766 EP0026147 US20140097054 EP0030906	No active control; Double overhead line and pantograph-booms.	Function of automatic de-wiring and passive rewiring; US20130018766 with the partial solo lower boom; Solo pantograph-boom is an alternative choice of EP0026147

EP1150858	Double overhead lines and pantograph-booms; No real active control	Automatic preventing de-wirment and pantograph-boom over position
EP0989015	Double overhead lines and pantograph-booms; No function of automatic de-wiring and rewiring	Keeping contact force stable by sensitive sensor
EP1226997	Despite being called single overhead, this is a three overhead lines system in which two conventional overhead wires remained as the DC supplier lines.	None
CN104149631A	Double overhead lines, no active control	Solo or partial solo pantograph-boom; Battery and charging during running

CN1486889	Double overhead lines; No active control	Solo or partial solo pantograph-boom
US4357501		
EP0043763		
WO1988007952	Note: WO1988007952A1 with partial solo lower pantograph-boom	
EP0046562		
DE102012002749	Double overhead lines and pantograph-booms; No active control	Funnel channel for automatic overhead line parallel aligning the current collector (to ACTCCS' current collector butterfly plate)

CN104149631A є найбільш релевантним знайденим документом, оскільки предмет винаходу, мабуть, розкриває гібридна тролейбусна система з одинарним обплетенням, що включає тролейбус з одинарним обплетенням, який контролюється за допомогою системи камер. Поодинокі стріла пантографа може керуватися електронікою. контролюється так, щоб він міг підніматися і вільно обертатися, щоб верхній дуплекс міг відірватися від силового дроту на ділянках дороги без лінії електропередач, наприклад, на великих перехрестях [44]. Однак ключова відмінність полягає в тому, що це не активно контрольована система, і жодних посилань на неї немає. зроблено для єдиної контактної мережі повітряної лінії. Жодні подальші наукові дослідження неможливі. знайдений у цьому районі.

2.1 Людський фактор

Людські фактори включають фактори довкілля, організації та роботи, а також людські та індивідуальні характеристики, які впливають на поведінку та якість на роботі, а також впливають на питання охорони праці та техніки безпеки.

Схема управління активними пантографами тролейбуса може сильно впливати на поведінку та якість роботи водіїв, особливо при поворотах, проїзді перехресть та стрілочних перекладах. Відключення тролейбуса є типовим прикладом впливу поведінки водіїв, що було ясно показано в електронному листі експерта з тролейбусів з Воссхолу [83] до Німеччини. Динамічне рішення водія повинне полягати в тому, щоб слідувати розпізнаній траєкторії.

Та його (приблизно) кривизну перед автомобілем і намагається зберегти контакт пантографа з проводами та автомобілем на відповідній смузі. Хоча АСТССС буде автономним, маневрування тролейбуса, як і раніше, регулюватиметься стандартний метод. Ряд вилучених статей, включаючи статті про автономні транспортні засоби, крива переходу і мотиваційний

вплив на гальмування реакції Були також розглянуті заходи в психології. Знання будуть корисні для навчання дайверів та розробка спеціальних знаків, таких як готове відключення проводів, перехід дороги та перемикання. Поняття про три ступені перехідної кривої та часу реакції на стоп-сигнал (SSRT) буде враховуватися під час аналізу та розробки алгоритмів, чутливих методи системи управління АСУ ТП з функцією саморішення. При цьому виявляючи, збирання та ефективне управління інформацією для виявлення системи управління Огляд АСТССS взятий з книги, що рецензується [88]. Різні типи тролейбусів Устаткування перетину та комутації повітряних ліній також досліджується для оцінки поведінки водіїв при перемиканні та переїзді

3 Методи підвищення надійності

У цій статті розглядається нова концепція підвищення надійності рейкового електротранспорту. Для підвищення надійності пропонується модернізувати енергоприймальну систему тролейбусів.

Пропонована система може бути встановлена на наявній моделі транспорту без істотних конструктивних змін і не потребує спеціального обладнання для монтажу.

Для модернізації обрано систему приймання електроенергії тролейбуса (пантограф).

Метою модернізації є підвищення надійності механізму збору електроенергії за рахунок модернізації голівки збору електроенергії та зміни управління силою, що притискає голівку до контактної мережі.

Така модернізація дає змогу використовувати гібридну силову установку з електроприводом (тяговим) та електроприводом (резервна батарея або суперконденсатор) (E-E hybrid). Основною вимогою цієї концепції є динаміка пантографа контактної мережі, тому під час дослідження було вивчено методи активного керування та порівняння. Основний внесок цього дослідження полягає в такому

Динамічна модель напівпасивного тролейбуса з пасивною системою контактної пантографа:

- Динамічна модель тролейбуса з пасивною системою пантографів на катенарному ході (швидкість 20 м/с).
- Динамічна модель відскоку та гібридна нелінійна модель пасивної контактної пантографної системи.
- Визначення та моделювання складних контактних мереж, таких як перехрестя і перемикачі.

- Моделі динамічного підстрибування і складних тролейбусних шляхів для побудови рейтингів ризику несподіваних обривів проводів і спалахів електричної дуги.
- Методи активного керування тролейбусом із пантографом для пантографного катенера (РА-I).
- Методи активного керування пантографом тролейбуса (РА-I) під час планових операцій вимкнення та повторного підключення відповідно до положення головки пантографа.

3.1 Модернізація струмоз'ємних контактів

Пантограф - це пристрій, встановлений на даху поїзда, трамвая або електробуса[1], який збирає енергію, стикаючись із повітряною лінією. Термін походить від деякої стилістичної схожості з механічними пантографами, які використовуються для копіювання рукописних або мальованих креслень.

Пантографи є поширеним типом складальників і зазвичай використовують одинарні або подвійні дроти, а зворотний струм передається по шині. До інших типів відмичок належать носові колектори і тролейбусні опори. Приклад пантографа для тролейбуса показано на рисунку 11.



Рисунок 14. Пантограф тролейбуса

4 Конструкція струмоприймача

На тролейбусах встановлюються два струмоприймачі. Струмоприймачі забезпечують рухоме електричне з'єднання між контактними проводами та електрообладнанням тролейбуса.

Струмоприймачі тролейбуса повинні забезпечувати надійний і безвідмовний струмознімання навіть за зусилля, необхідного для притиснення голівки до контактних проводів, під час підвішування контактних проводів на різній висоті, при великій швидкості руху тролейбуса, у разі зміщення тролейбуса від осі контактних проводів та при сильному русі рухомих частин, повинні бути достатніми та легкими, має бути забезпечено ізоляцію один від одного та від корпусу тролейбуса; у тролейбусах типу ЗИУ-9Б використовуються струмоприймачі типу РТ-6И, розраховані на роботу при основній напрузі 550 В і тривалому струмі 170 А; у тролейбусах типу 9Гр-21 у тролейбусах використовуються струмоприймачі типу 5РВ. Струмоприймач встановлюють на металевій тумбі на даху тролейбуса, його ізолюють порцеляновим ізолятором (див. а на рис. 97). Для ізоляції кузова тролейбуса від звукових коливань, що виникають під час ковзання контактних вставок струмоприймача по контактних дротах, у місці кріплення під п'єдесталом встановлено гумову прокладку завтовшки 20 мм.

Струмоприймач РТ-6И (мал. 95) складається з основи 1, підпружиненого утримувача стрижня 2, стрижня зі стрижневим дротом 3 і контактної головки 4. Довжина струмоприймача становить $6400+50$ мм і може бути зміщена в будь-якому напрямку від осі підвіски 4 тролейбуса, що відповідає куту повороту штока на 60° відносно поздовжньої осі тролейбуса. Робоча висота від основи колектора до контактного проводу варіюється від 700 мм до 3000 мм. Зусилля, що штовхає контактний дріт у межах робочої висоти, має становити $14+1$ кгс/мм². Струмоприймач забезпечує надійне захоплення струму на швидкості до 70 км/год. Вага струмоприймача становить 80 кг.

Основа струмоприймача складається зі сталеві литої плити - опори 1 і сталевому корпусу 2. Корпус обертається у двох конічних роликових підшипниках 40 і 44 і кріпиться до плити-опори гайкою 43. Виступ 13 у нижній частині корпусу впирається в опорну плиту, що обмежує поворот корпусу на кут 110° в обидва боки від поздовжньої осі тролейбуса. Зверху корпус закритий кришкою 42, а знизу - ущільнювальними сталевими шайбами 39. Корпус основи має три стяжки з отворами для роликів. Верхній і нижній ролики закріплені гвинтами.

Тримач штанги має вилку 12, яка встановлена на двох дворядних шарикопідшипниках 22 на роликах нижньої стяжки 21. Підшипники вилки закриті кришкою 20. У роз'єм вилки вставлено трубку 10 із запресованим у неї тримачем штанги 30. Трубка фіксується затяжними болтами 11.

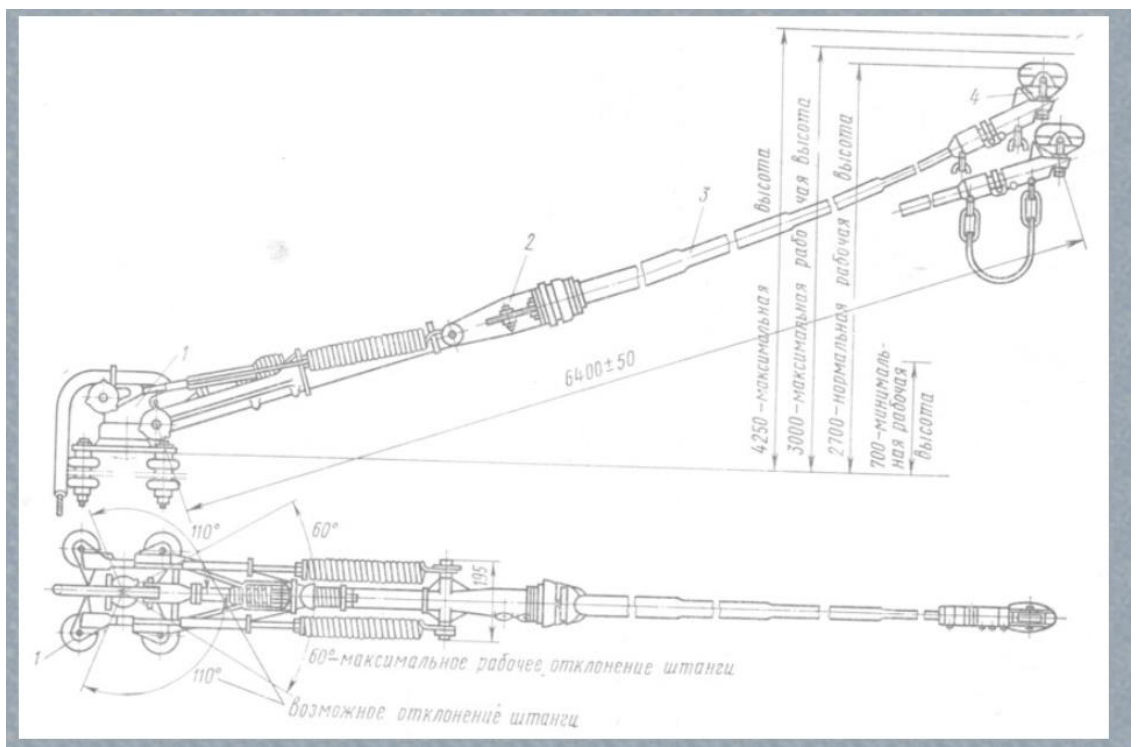


Рисунок 15. Токоприймач типу РТ-6И (загальний вид):

1 - підстава, 2 - штангодержатель з пружинами, 3 - штанга, 4 - контактна головка.

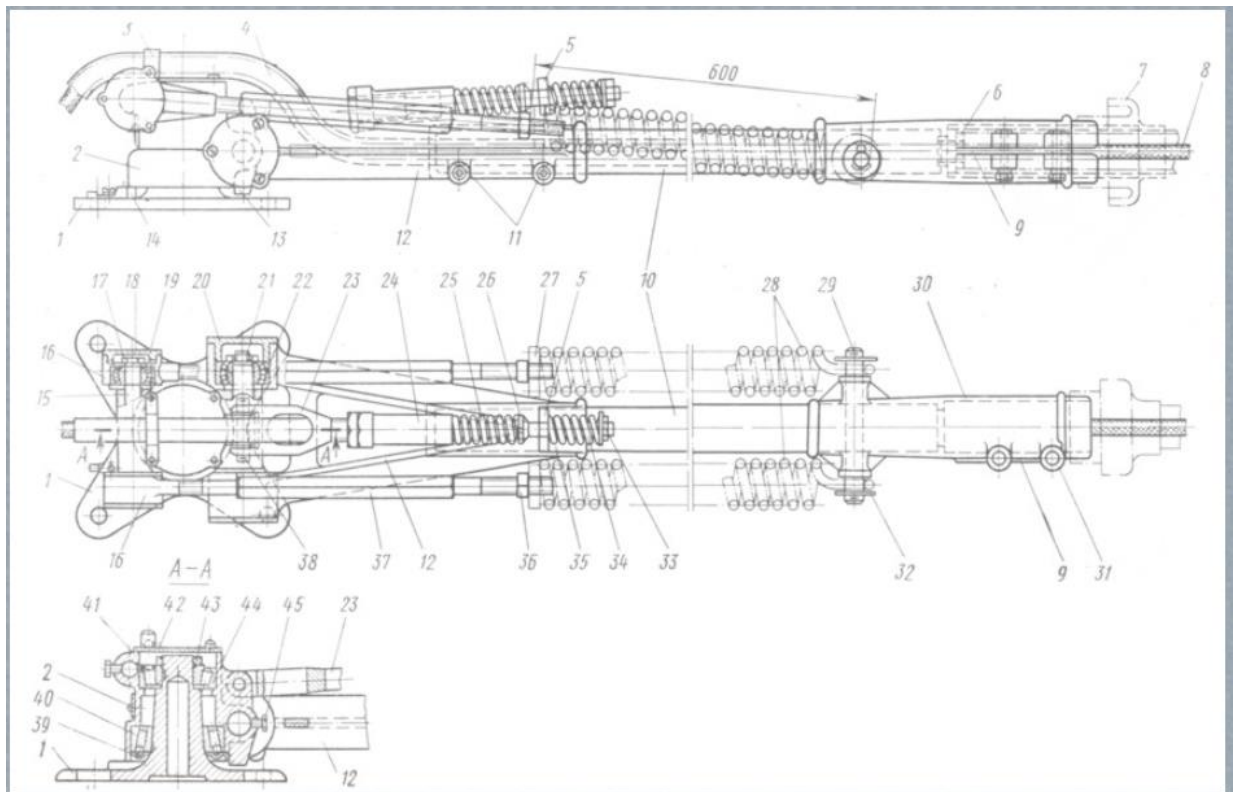


Рисунок 16. Основа токоприймальної штанги:

1- опора, 2- корпус, 3 - стальна скоба, 4 - резиновий шланг, 5- виступ вилки, 6 - бакелітовий ізолятор, 7 - резиновий ізолятор, 8 - токопровідний провід, 9 - резинове ущільнення, 10 - труба, 11, 31 - стяжні болти, 12 - вилка штангодержателя, 13 - виступ корпусу, 14 - прилив, 15 - валик верхнього прилива, 16 - корпус шарніра, 17 - гайка, 18 - кришка корпусу шарніра, 19, 22 - дворядні шарикові підшипники, 20 - кришка, 21 - валик нижнього прилива, 23 - вилка пружинного буфера, 24, 33 - регулювальні гайки, 25, 34 - пружини буфера, 26, 35 - сферичні шайби, 27 - винтова пробка, 28 - натяжні пружини, 29 - валик, 30 - держатель штанги, 32- шайба, 36 - контргайка, 37 - регулювальна тяга, 38 - валик, 39 - ущільнювальна шайба, 40, 44 - конічні роликові підшипники, 41 - прокладка, 42 - кришка, 43 - гайка, 45 - стопорний болт

Верхній кінець пружини зігнутий як шарнір і поміщений на ролик 29, який впресований у тримач стрижня. Нижній кінець пружини розтягування з'єднаний з регулювальним стрижнем 37, який використовується для

регулювання натягу пружини. Стрижень має шестигранник посередині та різьбові кінці з обох боків. Один кінець стрижня угвинчується в корпус шарніра 16, встановленого на верхньому ролику 15, який спирається на дворядні шарикопідшипники, а інший кінець угвинчується в різьбову пробку пружини 27. Для запобігання самостійного втягування регулювального стрижня використовується контргайка.

Щоб збільшити натяг пружини, поверніть регулювальний стрижень так, щоб він угвинчувався в корпус петлі та різьбову пробку пружини. Це вкоротить стрижень і збільшить натяг пружини. Якщо регулювальний стрижень не вкручений, натяг пружини зменшується. Натяжна пружина повинна забезпечувати тиск колекторної головки на контактний дріт у межах 14+1 кгс за висоти підвіски контактного дроту 5,5 м. Перевірте тиск пружинним динамометром.

Висота підйому в разі від'єднання колектора від контактного проводу обмежується двостороннім пружинним буфером. Вилка 23 пружинного буфера обертально з'єднана з корпусом основи роликом 38. Хвостовики вилок проходять через отвори в стійках тримача прутка. Два буфери розташовані по обидва боки від хвостовика. Кожен із них складається з регулювальних гайок 24 і 33, циліндричних пружин 25 і 34 і сферичних шайб 26 і 35. Коли головка знімається з контактного дроту, колектор під дією пружини розтягування різко підтягується вгору. Приплив стрижневого тримача через сферичну шайбу впливає на ліву пружину, яка гасить удар і обмежує висоту струмоприймача. Ліва гайка 24 регулює максимальну висоту вільного підйому струмоприймача (7,2 м від дорожнього полотна до контактної головки). Коли струмоприймач опускається, удар амортизується правою амортизувальною пружиною. Мінімальна висота від дорожнього полотна до головки колектора становить 2,5 м і регулюється правою гайкою 33 пружинного амортизатора.

Достатня міцність і пружність потрібна для поглинання удару об повітряну лінію, коли головка колектора вискакує з контактної мережі або проходить над спеціальною ділянкою повітряної лінії. Стрижні виконані у

вигляді ступінчастих безшовних труб з легованої конструкційної сталі. Потраплянню вологи в тримачі стрижнів запобігають за допомогою гумових ізоляторів⁷, закріплених на стрижнях. Кінці стрижнів загнуті вгору на 350 мм, щоб підвіска повітряного катенера не торкалася контактної мережі в низьких місцях. Гвинт на верхньому кінці стрижня слугує для кріплення ізолятора колекторної головки (рис. 97, в).

Усередині стрижня і тримача стрижня прокладається струмопровідний дріт марки ПСС-3000 8 (див. мал. 96) перетином 50 мм² і довжиною 7,5 м. Верхній кінець дроту під'єднується до клем колекторної голівки за допомогою кабельних наконечників, а нижній - до радіореактора. Нижній кінець дроту, що виходить із тримача штанги, закритий гумовим шлангом 4. Шланг із проводами кріпиться до корпусу основи сталевим кронштейном 3.

Пантографи вперше з'явилися наприкінці ХІХ століття і були оснащені змінними контактними планками або "черевиками" з графіту з низьким коефіцієнтом тертя для мінімізації бічних напруг на контактних проводах. До ранніх версій належать носовий колектор, винайдений 1889 року Вальтером Райхелем, головним інженером німецької компанії Siemens & Halske [2] [3], і пантограф із плоским полозом, уперше використаний на залізниці Baltimore & Ohio 1895 року [4].

Знайомий ромбоподібний роликаний пантограф розробив і запатентував Джон К. Браун із компанії Key System Shop для приміських поїздів, що курсують у районі Східної затоки в Сан-Франциско і в районі затоки Сан-Франциско, штат Каліфорнія. [7] [8] На фотографії він зображений у перший день експлуатації 26 жовтня 1903 року. У наступні десятиліття такі ж ромбоподібні рейки використовували в електричних рейкових системах у всьому світі, і їх продовжують використовувати в деяких частинах світу досі.

Пантографи були вдосконалені порівняно з простими тролейбусними стійками, які були нормою до цього часу, головним чином тому, що пантографи давали змогу електромобілям рухатися на набагато більш високих швидкостях без втрати контакту з повітряними проводами через те, що

тролейбусні стійки відривалися. Проте збір енергії з троллейбусних стовпів успішно використовували на поїздах Electroliner компанії North Chicago Shore Line and Milwaukee Railroad (також відомої як North Shore Line) на швидкості до 140 км/год.

5 Аналіз основних проблем при експлуатації

Ритмічна і стабільна робота тролейбусів, автономних тролейбусів або міських електробусів багато в чому залежить від надійності обладнання тролейбуса. Фактична експлуатаційна надійність електрообладнання тролейбуса залежить від його технічного стану. Під впливом зовнішніх чинників і певних режимів експлуатації технічний стан обладнання постійно погіршується, що призводить до зниження показників надійності та збільшення кількості відмов. Математична теорія надійності, теорія ймовірностей і математична статистика, чисельні методи розв'язування нелінійних і трансцендентних рівнянь використовуються для визначення умов діагностування за інтенсивністю відмови й заданою ймовірністю того, що обладнання працюватиме без відмов. Крім того, зворотне завдання визначення поточної надійності електротехнічної системи залежить від умов діагностики та інтенсивності відмов, що усуваються. Опрацювання статистичної інформації про відмови показало, що для електрообладнання тролейбусів після кількох ремонтних заходів максимальна щільність відмов виникає під час малих пробігів, а ймовірність безвідмовної роботи може змінюватися залежно від ступеня зносу обладнання, тобто від кількості попередніх відмов. Теоретично показано й експериментально підтверджено, що надійність електрообладнання тролейбусів змінюється за законом експоненціального розподілу випадкових величин. Було показано, що фактичний середній час діагностування часто був неоптимальним і в кілька разів відрізнявся від визначеного в даній роботі. Визначено залежність початку експлуатації змінного обладнання від часу, що є необхідною умовою для встановлення міжремонтних періодів для різних типів електрообладнання тролейбусів. Запропоновано методичку нормування міжремонтних періодів електрообладнання тролейбусів.

5.1 Аналіз впливу терміну служби електрообладнання на ймовірність безвідмовної роботи

Порівнюючи наявні методи аналізу надійності зі статистичними моделями, слід зазначити, що масове статистичне моделювання дає змогу авторам досліджувати фактичну надійність виробів на основі експлуатаційних спостережень у межах моделі, побудованої з використанням середнього часу між відмовами та терміну служби до ремонту, інтервалів відмов та експлуатаційної готовності. Новизна цього дослідження полягає в тому, що в ньому враховуються відмови, які не призводять до виходу з ладу і можуть бути швидко усунуті, а також відмови електричних систем, що призводять до нерегулярного відключення і ремонту рухомого складу від електромережі, коли електробус має бути на лінії. Це відноситься до міжремонтних відмов, які є найбільш небажаними відмовами обладнання. Крім того, новизна цієї моделі полягає в тому, що вона дає змогу врахувати той факт, що під час відновлення обладнання під час технічного обслуговування системного блока загальне відновлення системи не досягає 100%, а індекс надійності погіршується з кожним наступним відновленням. Коефіцієнт відновлення ресурсу kr_2 [0 Під коефіцієнтом відновлення ресурсу елемента розуміється ймовірність того, що відновлення ресурсу співвідноситься з появою нового елемента з імовірністю відмови $P(t) = 100\%$.

Основною метою дослідження є оцінка тривалості діагностування ЕО тролейбусів та її покращення порівняно з існуючими. Основним матеріалом для аналізу є дані зі статистики відмов на залізничному дворі Новосибірська № 2 за 2022 рік.

Огляди електроустановок проводяться відповідно до Регламенту технічного обслуговування № 0 (ТО-0), за календарним графіком (дні 4-7) і далі за календарним графіком (за умови, що тролейбуси ходять досить рівномірно). У цьому випадку планово-попереджувальний ремонт - це комбіноване технічне обслуговування агрегатів транспортного засобу. Основна мета планового технічного обслуговування - виявлення

несправностей, які можуть призвести до поломок. Стан контрольованого об'єкта може бути (відповідно) одним із трьох (рис. 1).

Основною кількісною характеристикою групи однотипних об'єктів (зокрема групи тролейбусних транспортних засобів) є ймовірність надійної або безвідмовної роботи $P(t)$ [8], де $P(t)$ характеризує найімовірнішу частку агрегатів, які є в цій групі в даний момент часу t . Ця функція $P(t)$ зменшується в міру зносу обладнання. Відмови обладнання в цій групі характеризуються щільністю або інтенсивністю відмов $l(t)$. Інтенсивність відмов $l(t)$ - це ймовірність того, що пристрій вийде з ладу протягом часу t , відносно значення інтервалу t , якщо пристрій працював протягом заданого інтервалу Dt (це апостеріорна ймовірність) [9].

Для характеристики ймовірності відмови пристрою в заданий час до його спрацьовування зручно використовувати щільність розподілу часу роботи, $f(t)$ [10]. У процесі роботи пристрій може не досягти запропонованої точки в часі, а може і пройти її.

Аналітичні зв'язки між цими параметрами такі:

$$f(t) = -dP/dt \quad (9)$$

$$\lambda(t) = f(t)/P(t) = -\frac{1}{P(t)} * P'(t) = \frac{N(\Delta t_i)}{N_{avi} * \Delta t_i} \quad (10)$$

Де:

$\lambda(t)$ – ймовірність відмови пристрою протягом часу (Δt);

$P(t)$ – надійність або ймовірність відмови;

$P'(t)$ – щільність розподілу часу безвідмовної роботи;

$N(\Delta t_i)$ – кількість відмов подібних об'єктів на інтервалі (Δt_i);

N_{avi} - кількість працездатних об'єктів у середині інтервалу .

Таблиця 1

№	Тип електрообладнання	λ , 1/рік	Довірчивий інтервал $\alpha=0,9$		T, рік	t_{dopt}	$k_{повернення}$
			λ_i	λ_u			
1	Запобіжници	2,015	1,914	2,156	0,46	2,31	0,225
2	Тяговий вигун	3,235	3,073	3,461	0,28	0,72	0,218
3	Допоміжний двигун	7,167	6,808	6,808	0,13	0,32	0,322
4	Мотор-компресор	6.123	5,816	6,551	0,15	19.5	0,250
5	Генератор	3,055	2,902	3,268	0,30	0,76	0,186
6	Реле регулятора струму	3,414	3,243	3,652	0,27	0,68	0,272
7	Струмоприймачі	9.58	9.101	10.25	0,09	0,16	0,163
8	Схема керування	3,235	3,073	3,461	0,28	0,72	0,139
9	Струмоприймаючі контакти	17.85	16.95	19.09	0,05	0,13	0,197
10	Пускові та шунтуючі резистори	2,575	2,446	2,755	0,36	0,91	0,419
11	Лінійні контактори	1,667	1,583	1,783	0,56	3.08	0,091
12	Акумулятор	4,735	4,498	5,066	0,19	0,49	0,393
13	Сервоприводи	6,215	5,904	6,650	0,15	0,37	0,135
14	Система обігріву та освітлення	3,355	3,187	3,589	0,27	0,69	0,187

Для визначення інтенсивності відмов і середньої періодичності відмов у тролейбусній мережі передач було зібрано статистику відмов, диференційовану за типами електрообладнання. Для цього в диспетчерській системі щодня збирали інформацію про відмови всього електрообладнання тролейбуса і диференціювали за типами електрообладнання, як показано в таблиці 1. Потім за наведеними вище формулами було розраховано інтенсивність відмов і оптимальний час діагностики тролейбусного обладнання.

Використовуючи дані таблиці 1, можна виокремити групи електрообладнання, де інтенсивність відмов може значно зрости: двигуни

компресорів, лінійні контактори 5 і 4, автоматичні вимикачі, пускові та гальмівні резистори, педалі, системи сигналізації та акумулятори.

Якщо вплив технічного обслуговування буде порівнянним, то з імовірністю 90% інтенсивність відмов решти електрообладнання не перевищить 10-12% (табл. 1).

Як видно з таблиці 1, проблеми з електрообладнанням є основною причиною відмов рейкових транспортних засобів. Більшість проблем виникає в струмоприймальному обладнанні та пов'язана з інтенсивним зносом елементів через тертя контактних проводів і можливу несправність контактної мережі. Крім того, погодні умови, такі як сніг і обмерзання проводів, відіграють важливу роль у збільшенні зносу в зимові місяці.

Мета цього проекту - зменшити вплив погодних умов на рух тролейбусного транспорту в міських і приміських районах.

5.2 Вплив обмерзання проводу на рух електротранспорту

Однією з проблем використання тролейбусів у наших широтах є замерзання контактних проводів через ожеледицю. Приклад замерзлих електричних проводів показано на рисунку 14.



Рисунок 17. Обмерзання електричних проводів

На проводах і тросах із низькими від'ємними температурами в разі різкого потепління або переохолодження під час дощу утворюється паморозь. Обмерзання являє собою безперервне налипання прозорого або напівпрозорого льоду або кристалічних мас (інею), що обліпили дроти. Форма льоду на проводах може бути найрізноманітнішою. Для цілей розрахунку передбачається, що лід має циліндричну форму, рівномірно вкриває всю поверхню дроту і має густину 900 - г/м³ . Також передбачається, що максимальний розмір льоду досягається за температури 5 °С.

Наявність льоду створює додаткові механічні навантаження на всі елементи повітряної лінії електропередачі. Вага лінії значно збільшується, а динамічні та статичні навантаження, що діють на лінію, зростають, що може бути небезпечним і небажаним, особливо під час сильного вітру. До них належать пошкодження струмоведучих проводів і грозотросів під дією ваги снігу та льоду, неприпустимо близьке сильне трясіння проводів (так звані "танці"), погіршення захисних властивостей ізоляції та руйнування опор [1]. Такі аварії завдають значних економічних збитків, потребують більше кількох днів на усунення і тягнуть за собою величезні витрати. Середній час усунення ожеледних інцидентів у багато разів перевищує середній час усунення інцидентів, викликаних іншими причинами. Обмерзання ліній електропередач - серйозна проблема, актуальна для багатьох країн із зонами підвищеної вологості та низьких температур. Обмерзання повітряних проводів - серйозна проблема під час експлуатації електрифікованого транспорту в містах і на залізницях, що призводить до іскріння, значного погіршення робочої поверхні збірних полозів, падіння й обриву повітряних проводів і тривалого порушення роботи транспортної мережі. При цьому більша частина пошкоджень повітряних проводів відбувається під час проходження над ними колектора.

У більшості випадків боротьбу з ожеледицею ведуть примітивним способом, шляхом відскакування ліній електропередач від мокрого снігу або льоду. Навіть примітивна боротьба з обмерзанням шляхом встановлення стовпів через короткі проміжки вимагає великих витрат праці та матеріалів

[3]. У результаті енергетичні компанії та споживачі зазнають значних збитків, а відновлення обірваних ліній електропередачі потребує великих витрат і часу. Енергетики вважають обледенілі лінії електропередач однією з найсерйозніших катастроф. З такою ж проблемою стикаються Китай і Японія, а також багато скандинавських країн. Тому багато компаній і організацій по всьому світу активно досліджують і розробляють методи та обладнання для боротьби з обмерзанням ліній електропередачі. Методи боротьби з обмерзанням проводів і тросів повітряних ліній електропередачі охоплюють запобігання обмерзанням, зменшення розмірів відкладень і видалення льоду.

Під час визначення навантаження обмерзання на двожильних проводах діаметр проводу визначається як діаметр кола, розташованого в центрі поперечного перерізу проводу. Для контактних проводів діаметр дорівнює половині суми діаметра проводу і товщини проводу. Під час інтенсивного руху громадського транспорту контактні дроти нагріваються і не обмерзають. За низької інтенсивності руху або вночі обмерзання може відбуватися, але його товщина невелика. У таких випадках товщина крижаної стіни має бути вдвічі меншою за розрахункову. Вітер створює навантаження на електричні лінії, і що вища швидкість вітру, то більше навантаження. Середня статистика показує, що швидкість вітру максимальна за низьких позитивних температур. Температуру для розрахунків приймають $+5^{\circ}\text{C}$.

Якщо внаслідок цього відбудеться замерзання, з'єднання між струмоприймальною голівкою і проводом може бути втрачено, що призведе до зупинки або уповільнення руху тролейбуса. Це також може призвести до зупинки тролейбуса через "від'єднання" колекторних штанг від контактних проводів або до пошкодження колекторних штанг.

У сучасних дорожніх умовах це може призвести до заторів на дорогах і затримок у розкладі руху.

6 Шляхи вирішення проблеми обледеніння

Серйозною перешкодою для міського та залізничного електротранспорту є обмерзання контактних ліній. Для боротьби з цим явищем використовують різні методи. У цій статті розглядаються методи видалення льоду з контактних ліній шляхом нанесення на них спеціальних мастильних матеріалів. Недоліками процесу нанесення мастила є значні зусилля та необхідність зупинки руху поїздів. Змашувальні матеріали повинні бути попередньо нанесені, вони недовговічні і можуть бути легко видалені з лінії санчатами-прибиральниками. Устаткування NOG-6 використовується для видалення льоду з повітряних ліній електропередачі, але його недоліком є низька продуктивність і можливість пошкодження та деформації проводів у процесі видалення льоду. Пошкодження проводів може призвести до припинення експлуатації рейкового транспорту, а деформація проводів пов'язана з прискореним зносом і можливим виходом з ладу. Ці недоліки притаманні барабанам з повітряними турбінами для видалення льоду з контактних проводів. Також були запропоновані електричні методи видалення ожеледиці. Їхні недоліки полягають у тому, що під час плавлення льоду рух поїздів призупиняється, а дріт може відпалитися та зламатися, особливо під час подачі струму короткого замикання.

Також було запропоновано нагрівати контактні дроти в секції струмом, що не перевищує допустимого значення. Відомо, що під час випадання опадів за низьких мінусових температур ($-1, -3, 0^{\circ}\text{C}$) відбувається утворення льоду. Тому для видалення льоду достатньо невеликого нагрівання дроту до 0°C . Пропонований спосіб включає в себе надання транспортного засобу та встановленого на ньому мобільного пристрою для видалення льоду з повітряних дротів, підйом керованого пантографа для контакту з повітряними дротами, замикання контактора, під'єднання навантаження до повітряних дротів та подавання змінного або постійного струму для нагріву повітряних дротів протягом приблизно однієї хвилини. Включає. Після видалення льоду з

повітряної лінії контактор розмикається, пантограф опускається, і транспортний засіб зі встановленим на ньому мобільним антикриговим пристроєм переміщується до кінця наступної ділянки повітряної лінії. На малюнку 3 представлено блок-схему обладнання, що реалізує запропоновану систему. Працює такий пристрій таким чином. Автомобіль із мобільною установкою для видалення ожеледиці з контактної мережі ПЛ, що складається з керованого пантографа, контактора та вантажу, транспортується до ураженої ожеледицею ділянки ПЛ поблизу кінця ділянки, розташованого навпроти фідерного приєднання ПЛ. Потім керований пантограф піднімається для контакту з повітряною лінією, вмикається контактор, навантаження під'єднується до повітряної лінії і подається струм. Приблизно через хвилину дроти нагріваються, і лід відпадає. Потім розмикається контактор, керований пантограф опускається, і транспортний засіб із мобільною установкою переміщується до кінця наступної ділянки повітряної лінії. Таким чином, поїзд, що прямує за мобільною антикриговою установкою, тільки сповільнюється.

У випадку з рейковим транспортом збирання струму під час морозу значно знижується, що призводить до іскріння контактних дротів і руйнування робочої поверхні струмоприймальних полозок. У разі протікання великих струмів на малих швидкостях або за нерухомого допоміжного обладнання повітряних ліній підвищений перехідний опір може призвести до випадання контактних проводів, особливо за низьких статичних тисків [2]. Останнє може статися не тільки через неправильне регулювання струмоприймача, а й через утворення криги на рухомій рамі та полозах, що збільшує їхню вагу, або через заповнення кригою міжвиткових просторів підіймальних пружин, унаслідок чого вони втрачають свої пружні властивості.

За несприятливих умов (вологість, мороз, лід, сніг, дощ) опір у місці контакту вуглеграфітової вставки з поверхнею бігунка також значно зростає. Це пов'язано з нагріванням води в місці контакту й утворенням плівки з пари

та води, яка ще більше збільшує перехідний опір і погіршує проходження струму. Це призводить до підвищеного зносу вуглецевих/графітових вставок.

6.1 Огляд та модернізація токоприймальної головки

Як ви знаєте, тролейбуси приводяться в рух струмом, що подається від повітряних ліній. Струмоприймач призначений для подачі електроенергії в тролейбус. Пристрій має забезпечувати надійний струмоприймач із допустимим відхиленням від контактної мережі в діапазоні швидкостей тролейбуса. Як приклад розглянемо струмоприймач ПТ - 6И. Конструкція струмоприймачів на інших моделях тролейбусів практично аналогічна.

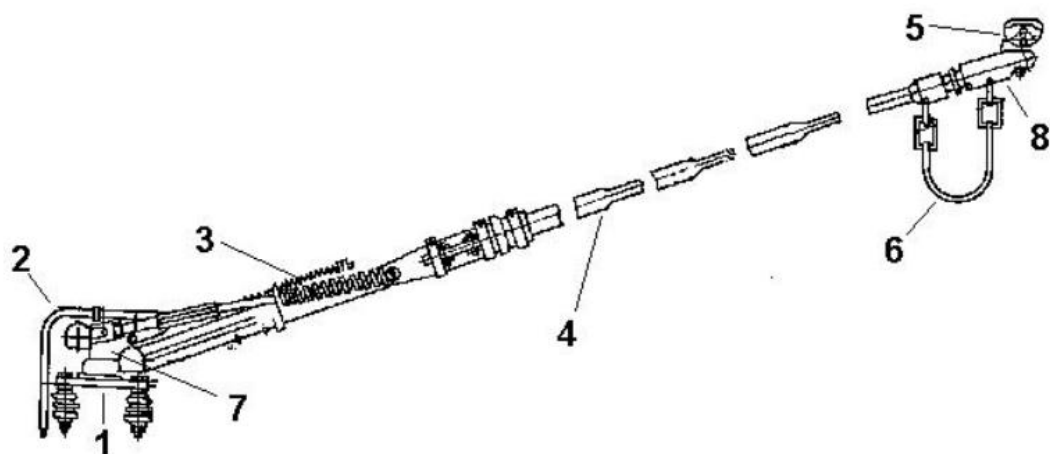


Рисунок 18.

Струмоприймач складається з металевої або пластикової труби 4, усередині якої прокладено дріт 2, що з'єднує обладнання тролейбуса зі струмоприймальним черевиком 8. Основа 1 жорстко з'єднана з дахом тролейбуса через фарфоровий ізолятор для запобігання протікання. Конструкція з'єднання труби з основою дає змогу струмоприймачу вільно переміщатися в горизонтальній і вертикальній площині. Пружина 3 призначена для надійного затискання головки 5 контактної мережі (14-16 кг). Щоб запобігти пошкодженню контактної мережі під час затискання голівки, черевик влаштований так, що в разі виникнення такої ситуації він затягується. При цьому башмак утримується в колекторі за допомогою башмаковловлювача 6.

6.2 Контактная головка

Приймальна головка, показана на мал. 19, встановлена на основі зі звареної гірничої сталі та ізолювана від кузова вагона порцеляновими ізоляторами. Головний ланцюг трамвайних колій підключається до 13 болтів на кінцях осей.

Проста конструкція дугового струмоприймача робить його зручним в обслуговуванні та ремонті. Переваги полягають у тому, що вага верхніх рухомих частин струмоприймача порівняно невелика, відрив від повітряної лінії, особливо під час проходження через спеціальні вузли, незначний, а удари по мережі безпечні для неї через їхню малу силу.

Недоліком дугових колекторів є те, що вони можуть використовуватися для пускових струмів до 150 А. За більш високих струмів підвищена щільність на контактах призводить до загоряння та опіків, швидкого зносу контактних вставок і проводів. Під'їзд до дугових струмоприймачів конструктивно недоцільний; це може негативно позначитися на входженні автомобіля в поворот і призвести до виходу колектора з-під контактних проводів. Дугові струмоприймачі задовільно працюють до швидкості 40-45 км/год, але за вищих швидкостей неможливо підтримувати постійний тиск на контактні дроти. За більш високих швидкостей використовуються пантографні або напівавтографні струмоприймачі.

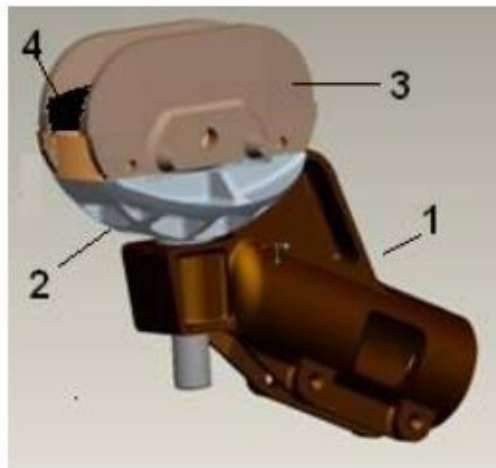


Рисунок 19. Конструкція струмоприймальної головки.
1-Корпус; 2-рухома основа; 3- бокові обмежувачі; 4- графітна вставка.

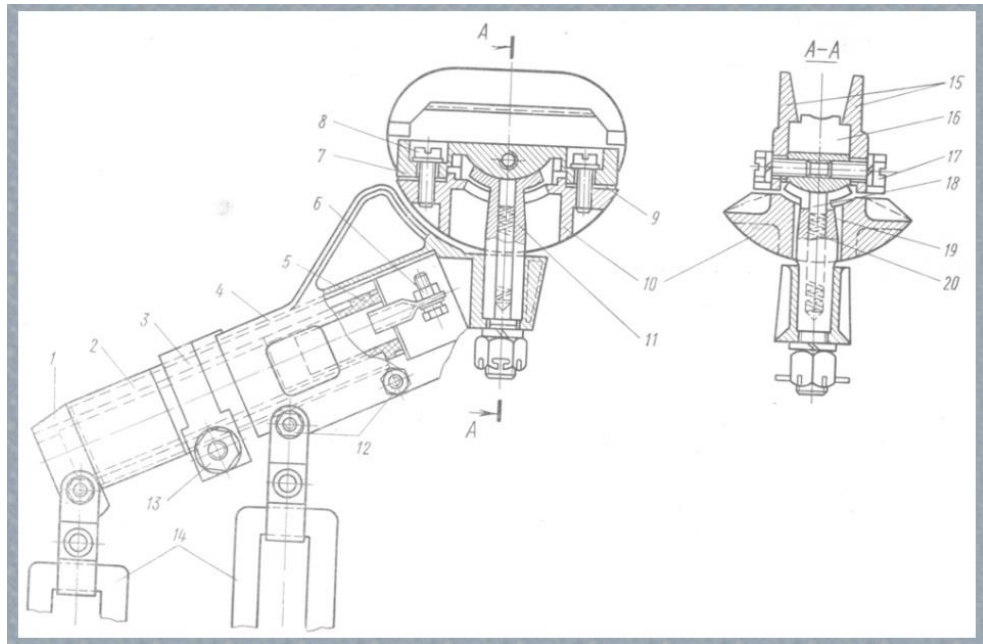


Рисунок 20. Головка ГТ-14А струмоприймача типу РТ-6І

1 - хомут, 2-гумова втулка, 3 - контактна розрізна втулка, 4 - тримач (черевик), 5 - ізолятор, 6 - клемма для штангового дроту, 7 - вкладиш, 8, 17 - гвинти, 9 - прокладки з мідної фольги, 10 - сферичний тримач, 11 - п'ята, 12, 13 - стяжні болти, 14 - пряжкові ізолятори, 15 -латунні щічки, 16 - контактна вставка, 18 - графітова проріз, 20 – пружина

Рухома частина головки з'єднується із взуттям за допомогою каблука 11 і складається зі сферичного тримача 10, сталевого обідкового вкладиша 7, двох латунних щічок 15 і контактної вставки 16, яка поміщається в гніздо щічки. Щічки кріпляться до вставки гвинтами 17. Положення кожної щічки фіксується двома штифтами, впресованими у вставку. П'яткова голівка поміщається між вставкою і сферичною поверхнею тримача. Зазор між сферичною поверхнею тримача і п'ятковою голівкою має бути менше 0,2 мм і регулюється прокладкою з мідної фольги.

Для зниження перехідного опору п'ята має графітову щітку 18. з гнучким шунтом і пружину 20. яка притискає щітку до поверхні кульового вкладиша. Шунти призначені для відведення струму.

Сферичні поверхні частин головки, що сполучаються, зазор між ними та поздовжній п'ятковий паз сферодержателя дозволяють верхній частині контактної головки повертатися навколо п'яти та нахилитися з

горизонтального положення в поздовжнє у вертикальній площині на кут до 15°. Для запобігання зісковзуванню контактної головки з планки під час руху передбачено стрічковий уловлювач. Це міцна бавовняна стрічка з пряжками-ізоляторами¹⁴ на кожному кінці та сталевими сережками для кріплення до болтів затискача і черевиків контактної головки. У суху погоду на контактну головку встановлюють вуглецеві контактні вставки, а в сиру - алюмінієві (оскільки вуглецеві вставки швидко зношуються під впливом вологи).

Наразі розробляється технологія виробництва універсальних металокерамічних вставок, термін служби яких більш ніж у 30 разів перевищує термін служби вуглецевих вставок, що використовуються. При цьому знос як сталюалюмінієвих, так і м'яких (мідних) контактних проводів є нормальним. Металокерамічні контактні вставки забезпечують хорошу струмонесучу здатність і нижчий рівень поля радіоперешкод, ніж зазвичай.

6.3 Типи токоприймальних контактів

Властивості графіту, що самозмащуються, дають змогу контактній вставці передавати струм від контактної мережі до живильного кабелю голівки підбирача, забезпечуючи водночас мінімальне зношування контактних проводів.

Під час виготовлення вставок компанія завжди проводить їхню первинну перевірку та виконує додаткове механічне оброблення для досягнення максимальних характеристик міцності. Важливим показником продуктивності є відстань, яку може подолати вставка під напругою.

На її продуктивність впливає низка факторів, як-от матеріал вставки (всесезонна, літня або зимова), швидкість роботи спеціальних компонентів і стан повітряних ліній. Розміри: ширина 28 мм, довжина 87 мм, висота плеча 14 мм.

Вставка троллейбусная ВКТ-1	
	<p>Розміри: ширина – 28 мм, довжина – 87 мм, висота плечей – 14 мм.</p> <p>Вставки ВКТ-1 та ВКТ-2 відрізняються між собою формою профілю.</p> <p>Переваги: стандартна конструкція вставки: низька ціна. Недоліки стандартної конструкції вставки: -можливість руйнування при проході через спецчастини контактної мережі; -Наднормативний бічний знос щік при руйнуванні стінок вставки; - Невеликий термін служби вставки.</p>
Вставка троллейбусна ВКТ-2	
	<p>розміри: ширина – 28 мм, довжина – 87 мм, висота плечей – 14 мм.</p> <p>Вставка ВКТ-2 відрізняється від ВКТ-1 формою профілю.</p>
Вставка троллейбусна ВКТ-3	
	<p>розміри: ширина – 28 мм, довжина – 87 мм, висота плечей – 14 мм.</p> <p>Вставка ВКТ-3 відрізняється від вставок ВКТ-1 та ВКТ-2 більш тривалим терміном служби.</p> <p>Отримано позитивні відгуки про її експлуатацію на підприємствах міськелектро транспорту України</p>

Вставка тролейбусна ВКТ-4



розміри:

ширина – 26 мм, довжина – 87 мм,
висота плечей – 18 мм.

Вставка ВКТ-4 відрізняється від
вставок ВКТ-1, ВКТ-2, ВКТ-3
геометричними розмірами.

Виготовляється спеціально для КП
«Київпаstrанс».

Вставка ВКТ-5 (покращена конструкція)



розміри:

ширина – 28 мм, довжина – 87 мм,
висота плечей – 20 мм.

Переваги:

- Збільшена товщина стінок у верхній частині;
- зменшує можливість бічного тертя дроту зі щочками;
- Збільшує ресурс всіх елементів струмознімання через зменшення іскріння, викликаного втратою контакту;
- Підвищений термін служби вставки.

Вставка клиноподібна (євро)	
	<p>розміри: ширина – 20,3-25,7; довжина – 102 мм, висота плечей – 17,5 мм. (* Розміри клиноподібної вставки (євро) індивідуальні та можуть виготовлятися за бажанням Замовника).</p> <p>Переваги:</p> <ul style="list-style-type: none">- легка та швидка заміна вставки;- зменшує можливість бокового тертя зі щоками;- Збільшує ресурс всіх елементів струмознімання через зменшення іскріння, викликаного втратою контакту;- Підвищений термін служби вставки.

7 Модернізація токоприймальної головки

В даній роботі запропоновано рішення для підвищення надійності токориймального вузла тролейбуса.

Як було показано в розділі 6 , в існуючу конструкцію було дабавлено зміни які показано на Рисунку 21.

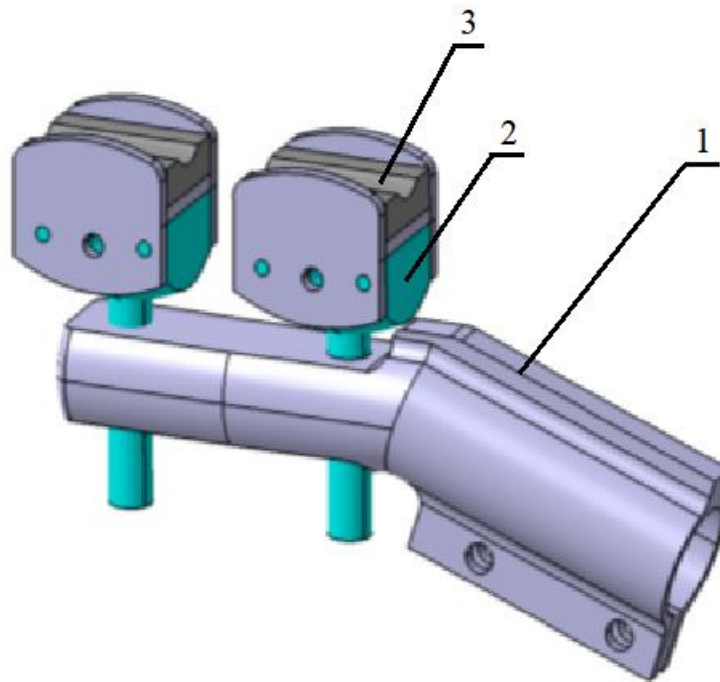


Рисунок 21.

1 – корпус; 2 – токопиймална головка; 3 – змінний графітний контакт.

Пропонований у цій роботі стрижневий струмоприймач (мал. 18) складається з основи 1, тримача з пружинами 2 і 3 і струмоприймального контакту, з'єданого з тримачем. Струмоприймач встановлений на стрижні та ізолюваний у тримачі дзвоноподібним ізолятором з бакелітового скла і гуми. Кінець стрижня з головкою струмоприймача з контактом притискається до основного проводу. Рухома частина 2 основи струмоприймача може обертатися на роликівих і кулькових підшипниках на вертикальних штифтах нерухомої частини. Тертя в основі зменшується за рахунок використання підшипників кочення в опорі.

Колекторні штанги виготовлені з тонкостінних труб, безперервно витягнутих із високоякісної спеціальної сталі. Труби мають різний діаметр і збільшуються в кроці в міру наближення до основи. Один кінець стрижня прикручується до тримача за допомогою затискача роз'ємної частини. Головка колектора кріпиться до стрижня за допомогою хомута, зтягнутим болтами. Між кінцем стрижня і голівкою колектора встановлюється ізоляційна втулка (трубчастий ізолятор), що повністю ізолює контактний механізм від стрижня.

Пропонований струмоприймач розрахований на роботу в умовах ожеледиці та при обмерзанні контактної мережі. За цим показником струмоприймач перевершує струмоприймач РТ-3. Струмоприймач має надійнішу систему збудження, може працювати за більших коливань висоти підвісу контактного проводу і має ширший діапазон регулювання контактного тиску на дріт. Статичні характеристики струмоприймача забезпечують більш високу сталість тиску напору на контактний дріт, а обмежувач висоти підйому струмоприймача має пружинний пристрій замість гумового буфера.

У результаті значних конструктивних удосконалень струмоприймач пропонованого типу більш стійкий на контактному проводі, менш схильний до зносу контактної вставки тощо.

Головка кріпиться до стрижня, а стрижень, відповідно, до утримувача, тому в разі випадкового контакту з повітряним проводом від основи відривається саме головка, а не стрижень. Контактна частина струмоприймача під'єднується до силової проводки тролейбуса ізольованим кабелем марки КРПТ або ПС-2000 з площею перерізу 35 мм², що прокладається всередині штока. Струмоприймачі встановлюються на металевому постаменті на даху тролейбуса і розділяються порцеляновими ізоляторами. Стрижні струмоприймачів можуть відхилятися від осі тролейбуса в горизонтальній площині на 110°, отже, тролейбус може відхилятися від осі контактної мережі на 4,5 м в обидва боки. За максимального відхилення від проводу швидкість тролейбуса знижується, щоб уникнути сходження з рейок колектора. Максимальне робоче відхилення штанги становить 60°. Завдяки можливості

переміщення струмоприймача у вертикальній площині, висота підвісу контактної провуду може змінюватися від 4,5 до 6 м. Для кріплення струмоприймача до провуду трос підвішується на спеціальному кільці з металевим сердечником, притиснутим ізолятором.

У табл. 2 наведено основні технічні дані струмоприймачів штангового типу.

Таблиця 3.

Показники	РТ-3	Прототи
Номинальна напруга, В	750 В	750 В
Довготривалий струм, А	600 А	600 А
Висота підйому, м	4	4
робоча	3,7	3,7
мінімальна	0,85	0,85
Довжина струмоприймача, мм	7000	7000
Максимальний кут повороту струмоприймача	$\pm 45^0$	$\pm 45^0$
Допустиме відхилення тролейбуса в бік по осях, м	4,5	4,5

7.1 Конструкція головок струмоприймачів штангового типу

Струмоприймач - найважливіший елемент струмоприймача, від якого багато в чому залежить надійна робота тролейбуса.

Залежно від конструкції струмоприймача струмоприймальні головки можна розділити на дві групи: роликові та ковзаючі.

До конструкції струмоприймальних контактних головок висуваються такі вимоги:

- максимальна стабільність контактної провуду;
- б) мінімальна вага і висока міцність деталей;

- простота конструкції, висока надійність і зносостійкість у процесі експлуатації;
- г) висока проникність на спеціальних ділянках повітряної провідної мережі;
- д) мінімальне тертя між контактом і шарнірним з'єднанням тримача;
- е) мінімальне тертя між контактом і шарнірним з'єднанням тримача;
- мінімальний і рівномірний знос струмоприймальних контактів і контактних проводів;
- надійне протікання струму від струмоприймальних контактів до стрижневих проводів;
- надійність кріплення струмоприймальної головки та елементів її тримача до стрижня;
- надійність кріплення струмоприймальної головки та елементів її тримача до стрижня;
- надійність ізоляції струмоведучих частин стрижня до головки;
- надійність ізоляції стрижня до головки;
- наявність запобіжного пристрою, що запобігає падінню головки на землю в разі від'єднання від стовпа.

Досвід експлуатації струмоприймальних головок на різних струмоприймальних пристроях показав, що максимальна стабільність досягається за наявності ковзних контактів.

На стабільність і надійність струмоприймальних головок на спеціальних елементах великий вплив мають правильні розміри поперечного перерізу, довжина тримача контакту (сепаратора) і довжина самого контакту (якщо використовуються ковзаючі контакти). Що ширший сепаратор, то гірші умови проходження струмоприймача через спеціальні компоненти.

Як приклад на мал. 264 наведено допустимі розміри контактної частини струмоприймальної голівки (з ковзними контактами) для контактної мережі типу МП-5 з довжиною обойми 105 мм і довжиною контактної вставки 80 мм, а також для перерізів тримачів КД-У і КД-У1.

На перших серійних вітчизняних тролейбусах застосовували струмоприймальні голівки роликового типу (мал. 265 а); у 1939 р. їх замінили контактними голівками ковзного типу (мал. 265 б). Недоліками роликових головок є швидке зношування бронзових роликів і велика витрата кольорового металу, швидке зношування осей і втулок (на голівках без шарикопідшипників) та необхідність заміни голівки, часті ушкодження ізолятора або стрижня, який перебуває разом з ізолятором, деталі часто пошкоджуються, а контактні дроти піддаються нерівномірному зношуванню через велике іскріння під час зняття струму. Струмоприймальна головка цього типу є застарілим і менш ніж досконалим методом виявлення струму.

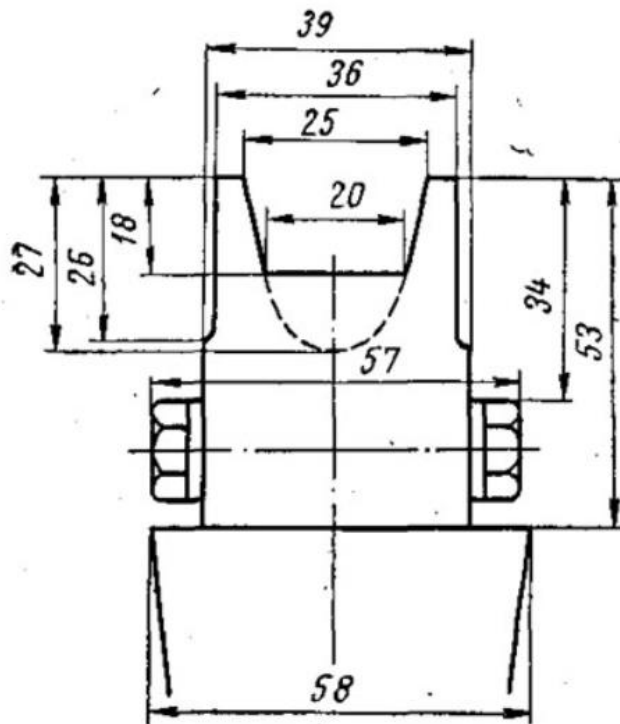


Рисунок 22. Габаритні розміри токоприймальної головки

8 Економічна складова

Міський пасажирський транспорт відіграє важливу роль в економіці країни. У нашій країні близько 75 % річних користувачів пересуваються на цьому виді транспорту.

Як і в інших регіонах світу, в Україні останніми роками населення концентрується у великих містах і мегаполісах [1, с. 23-29]. Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду роботи міського пасажирського транспорту показує, що існують різні рішення щодо створення екологічно чистих видів транспорту. Магістралі, побудовані в обхід міст та їхніх центрів (Осло, Норвегія - магістраль, прокладена в напрямку перетину з тунелем підземної гілки), є прикладом зниження зайнятості в міській зоні. Для розв'язання проблеми паркування автомобілів використовують багатоповерхові підземні паркінги, паркування на дахах будівель і естакадах, а також паркування в старих корпусах.

Одним із найкращих прикладів використання екологічно чистих видів транспорту в містах є волгоградський Метротранс (поєднання трамвая і метро). Цей вид транспорту характеризується тим, що частина трамвайної лінії проходить над землею, а частина - під землею в центрі міста, з трьома станціями. Потрапляючи в центр міста, трамвайні поїзди в'їжджають у неглибокий тунель, проходять під вулицею Леніна, де розташовано три станції, перетинають Царицинську долину і розгортаються на кільцевій розв'язці біля площі Чекистів. Будівництво підземної ділянки зайняло вісім років і було відкрито для руху 15 листопада 1984 року. Це значно скоротило час у дорозі між центром міста і північними районами. Інтервал руху становив 10 хвилин, але для скорочення інтервалу до 2-3 хвилин були потрібні додаткові інвестиції в нові трамваї.

Гіпотеза дослідження 3 огляду на питання підвищення ефективності громадського транспорту та зниження експлуатаційних витрат у великих і мегаполісах із достатньою енергетичною інфраструктурою, розвиненими

дорогами та відносно легкою геометрією шляхів, використання тролейбусів із динамічною підзарядкою є більш доцільним, ніж міських автобусів. Порівняно з автобусами тролейбуси не забруднюють повітря, дешевші в експлуатації, мають нижчий рівень шуму і, як правило, більшу місткість.

Вивчення вітчизняного та міжнародного досвіду використання альтернативних видів транспорту лягло в основу формування моделі поетапного процесу порівняння ефективності динамічних тролейбусів, що заряджаються, та автобусів. Модель охоплює визначення основних цілей, завдань, методів і результатів, на основі яких ухвалюються рішення щодо перспектив розвитку цього виду транспорту у великих містах (рис. 1). Покрокові інструкції процедури порівняння відрізняє комплексний підхід до оцінки показників ефективності.

Цілі сформульовано таким чином, щоб процес порівняння і вибору найефективнішого міського транспорту відбувався таким чином.

У результаті визначаються заходи та механізми реалізації для розв'язання багатогранних суперечностей між цілями та проблемами в транспортній, екологічній та демографічній системах.

Завдання, поставлені для досягнення цілей ТЕП, мають загальний системний характер, але в дослідженні вони розв'язуються через вибір та експлуатацію ефективних видів міського транспорту.

Вибір методу розв'язання завдань зумовлений необхідністю зосередитися на економічних аспектах реалізації перелічених завдань у системі ТЕП, метою якої є поліпшення основних показників діяльності транспортних підприємств і підвищення їхнього прибутку, рентабельності та конкурентоспроможності. Це досягається шляхом розроблення конкретних заходів для кожної підсистеми ТОН. ТДН покликана розв'язувати такі три основні завдання: виявлення невикористаних резервів у забезпеченні ресурсами ("транспорт"), підтримання необхідного рівня ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища ("екологія") і підвищення якості транспортних послуг як соціальної складової ("населення") [2, с.]. 116]

Дослідження альтернатив міському транспорту пов'язані з технологічними галузями, які повинні показати, що, незважаючи на всі зусилля зі зниження споживання енергії автомобілями, це зниження вже не можна розглядати як "революцію". Те ж саме стосується і скорочення викидів. Після величезних успіхів останніх десятиліть можна очікувати лише незначних поліпшень. У найближчому майбутньому не передбачається і появи альтернативних автомобілів. У минулому вже робилися спроби продемонструвати це, але нові приводи виявилися занадто дорогими або недостатньо потужними. Двигуни внутрішнього згоряння навряд чи будуть замінені в найближчому майбутньому.

Що стосується нових перспектив для міського транспорту¹, то дослідження в галузі використання альтернативних видів палива в міських автобусах доцільні з погляду економіки та екології. На основі багаторічних досліджень і накопиченого досвіду експлуатації автобусів на різних видах палива експерти з різних країн зробили висновки за результатами порівняльних операцій з використанням таких характеристик, як витрата пального, пробіг (у кілометрах), коефіцієнт розгону, пускові характеристики, шум, вміст CO, вміст NO і вартість. Однак сучасний стан міського середовища вимагає подальшого вивчення альтернатив для різних видів транспорту.

Важливо проводити дослідження в галузі порівняльного та економічного обґрунтування вибору електричного та гібридного транспорту, а також транспорту, що використовує альтернативні джерела енергії.

У цьому проєкті проводиться комплексний порівняльний аналіз динамічних тролейбусів, що заряджаються, і міських автобусів як екологічно чистих і перспективних видів транспорту.

Під час вибору виду транспорту тролейбуси слід віддати перевагу міським автобусам у великих містах і мегаполісах з відповідною енергетичною інфраструктурою та розвиненими дорогами, з огляду на екологічні міркування і питання зниження експлуатаційних витрат на громадський транспорт. Це твердження підтверджується такими даними.

У містах із населенням понад 250 000 осіб тролейбуси мають використовуватися як основний, так і допоміжний вид транспорту на маршрутах, які можуть постійно обслуговувати щонайменше 2-2,5 000 пасажирів на годину. Порівняно з автобусами

Тролейбуси не забруднюють повітря, дешевші в експлуатації, мають нижчий рівень шуму і в принципі мають більшу місткість [3, с. 581].

Однак будівництво мереж зв'язку потребує певних витрат, захаращує дороги і погіршує їх зовнішній вигляд, а підключення до мережі зв'язку обмежує маневреність і дає змогу експлуатувати транспортні засоби з різними режимами руху.

Тролейбуси являють собою комбінацію рейкових транспортних засобів вагонного типу та елементів і вузлів конструкції електричної залізниці. Шасі, тягова система і частина системи управління ідентичні автобусам. Тягові електродвигуни, системи керування та електрообладнання мають багато спільного з електрообладнанням електричного залізничного транспорту [4, с. 34]. Поєднуючи в собі основні переваги трамваїв і автобусів, тролейбуси є одними з найбільш економічних електричних систем громадського транспорту. Сучасні тролейбуси можуть автономно пересуватися на відстань до 40 км за відключеного струмоприймача. Рішення на користь тролейбусів також відповідає глобальній тенденції переходу на більш екологічний міський транспорт, яку можна пояснити таким чином

Концентрація населення у великих містах - глобальна тенденція. У літературі такі міста часто називають мегаполісами. Існує кілька визначень мегаполісів. Згідно з визначенням ООН, до мегаполісів належать міські агломерації з населенням понад 8 мільйонів осіб. Згідно з іншими визначеннями, основною характеристикою мегаполіса є наявність кількох міських агломерацій із загальним населенням близько мільйона осіб. Для цілей цієї статті використовується друге визначення мегаполісів. Іншими словами, мегаполіс - це велике місто, яке зазвичай є центром регіону.

Однією з найактуальніших проблем міст-мільйонників та інших великих міст є забезпечення пасажирського транспорту.

Згідно з економічним аналізом роботи пасажирського транспорту у великих містах і мегаполісах, для підвищення якості перевезень, крім рухомого складу, необхідна відповідна інфраструктура [6, с. 70-74], формування якої ускладнюється переходом до ринкових відносин. На пасажирському транспорті відбулися значні організаційні реформи, які безпосередньо вплинули на ефективність роботи (приватизація, розпад автотранспортних підприємств, посилення конкуренції між транспортними компаніями тощо). Крім того, зросла вартість ресурсів для експлуатації транспортних засобів.

Усі ці зміни в секторі експлуатації транспортних засобів призвели до розділення секторів перевезень і технічного обслуговування автомобілів. Це підвищило попит на послуги централізованих спеціалізованих виробництв (ЦСП) як компаній, здатних забезпечити необхідний споживачами рівень технічного впливу за мінімальних витрат, а також підвищити безпеку дорожнього руху, що особливо важливо для пасажирського транспорту. Згідно з прогнозами, Азія стане ключовим регіоном для автомобільної промисловості в майбутньому: до 2025 року на країни БРІК припадатиме більше половини світового виробництва. Для розв'язання цієї проблеми в усьому світі ведуться наукові та практичні дослідження альтернативних видів палива та екологічно чистого міського пасажирського транспорту. Накопичений національний і міжнародний досвід стосується переважно електромобілів. Однак масштабний перехід на цей вид міського пасажирського транспорту стримується необхідністю вирішення інших проблем. Існує необхідність розвитку відповідної інфраструктури, зокрема електростанцій, а також проблема фінансування інвестицій в інфраструктурне обладнання. Відносно новим рішенням є використання динамічних тролейбусів, що підзаряджаються, як альтернативного виду транспорту міським автобусам. Тролейбуси, які використовуються у великих містах як вид міського

транспорту, характеризуються позитивною динамікою і останніми роками мають більш стабільні транспортні маршрути, ніж інші види міського електротранспорту (у разі трамваїв), що підтверджується ізкою динамік .

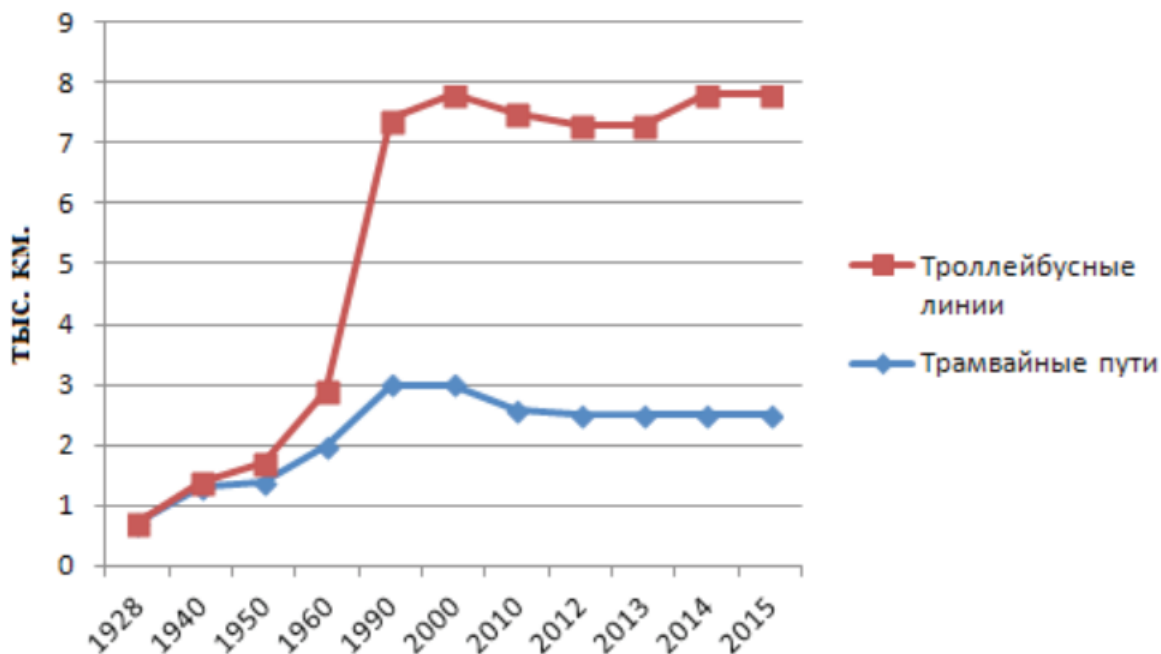


Рисунок 23. Розвиток електротранспорту

Обсяг перевезень пасажирів останніми роками порівняно стабільний, проте простежується тенденція пріоритету тролейбуса і трамвая, тобто. екологічних видів міського транспорту, що підтверджується проведенням аналізом динаміки (рис. 23).

Менеджери підприємств міського електротранспорту прагнуть поліпшити імідж тролейбуса у густонаселених районах у містах, т.к. характерний шум та вихлопні гази автобусів, що супроводжують їхній рух, порушують спокій мешканців. У місцях виникнення шуму та сильної загазованості повітря від автобусів погіршуються умови життєвого середовища. У цій статті розглядаються результати дослідження щодо обґрунтування економічної ефективності використання тролейбуса з динамічною підзарядкою (на прикладі Саратова).

Тролейбусний рух існує в Саратові не один десяток років. Перший маршрут було відкрито 1952 р. протяжністю 6,2 км, найдовший маршрут 13,2 км, загальна протяжність троллейбусних ліній становить 86,6 км. Станом на 2017 р. у Саратові діють 11 троллейбусних маршрутів. До 2004 року діяв троллейбусний маршрут №9 Саратов-Енгельс. Однак у 2004 р. на мосту Саратов-Енгельс контактну мережу троллейбусів маршруту № 9 демонтували, і після капремонту мосту відновлення маршруту не планують, т.к. вважають нерентабельним.

В даний час Саратовська агломерація має спільну інфраструктуру з містом Енгельсом, розташованим на лівому березі річки. Волги, спільними є енергомережі, інформаційні та оптоволоконні лінії, греблі, загальна окружна автошлях. До 2004 р. була загальна троллейбусна система (роз'єднана через технічні проблеми).

Після того як троллейбусна лінія, що проходить мостом через Волгу, була демонтована, виникла проблема, яка полягає в невідповідності попиту на перевезення та пропозиції транспортних послуг. Перерване троллейбусне сполучення між містами з досить високою щільністю населення призвело до певних труднощів з мобільністю, особливо в часи пік, т.к. місткість автобусів «Газель», куди перейшло транспортне обслуговування населення двох міст, незрівнянна з місткістю троллейбуса. До того ж, забруднення повітря над Волгою вихлопними газами від автобусів сильніше. Транспортні підприємства, міністерство транспорту почали вести пошук нових рішень, що дозволяють усунути проблеми, що виникли.

Запропоноване вирішення проблеми полягає у використанні альтернативи автобусу – троллейбусу з динамічною підзарядкою, яке спрямоване на забезпечення наступних переваг:

- Помітне зниження негативного впливу на навколишнє середовище (відсутність вихлопних газів) - екологічна безпека;
- Збільшення пасажирообігу за рахунок більшої місткості троллейбуса в порівнянні з автобусом - вирішення соціальної проблеми;

- Можливість ресурсозбереження (економія за рахунок паливної складової).

Однак перехід від автобуса на тролейбус із динамічною підзарядкою потребує додаткових витрат на переобладнання тролейбуса (відповідні акумуляторні батареї) та створення інфраструктури (зарядних пунктів). Ці витрати призначені для вирішення наступних завдань:

- установки в районах зупинок транспорту зарядних пунктів, за допомогою яких тролейбус заряджається (акумуляторні батареї);

- забезпечення необхідної потужності системи підзарядки, що є набором обладнання, комплектація якого дозволяє здійснювати підзарядку тролейбуса з мінімальними простоями;

- Забезпечення достатніх, надійних джерел енергопостачання зарядних пунктів

Головним аргументом на користь тролейбуса з динамічною підзарядкою є те, що введення в експлуатацію такого тролейбуса в прикладі на маршруті Саратов-Енгельс може бути здійснений практично «тут і зараз», не потрібно значних інвестицій, т.к. збережено контактну лінію на колишньому тролейбусному маршруті №9 від вокзалу до мосту в м. Саратові та від мосту до центру м. Енгельса. Тролейбус ТРОЛЗА «Мегаполіс» оснащений автономним пристроєм для підзарядки, який використовується під час руху тролейбуса на безконтактній ділянці маршруту, в даному випадку мостом через річку. Волга. Таким чином, використання динамічної підзарядки вирішує питання безпересадкової поїздки пасажирів на маршруті завдовжки 14 км, що сполучає два міста сучасної Саратовської.

Тема альтернативних видів міського транспорту гаряче та активно обговорюється вченою спільнотою та практиками, особливо в останні роки. Необхідність вирішення транспортних проблем в агломераціях обумовлена тією обставиною, що у ряді випадків має місце кризовий стан традиційних видів транспорту, що виявляється в посиленні проблем безпеки та екології, невідповідності провізної спроможності пасажирського транспорту пасажиропотоку. Більше того, актуальність цієї теми визначається соціально-

значущим характером міських пасажирських перевезень, пов'язаних із виконанням соціального замовлення

На основі багаторічних пошуків та накопиченого досвіду експлуатації автобусів, що працюють на різних видах палива, фахівці різних країн зробили висновки за результатами порівняльної експлуатації із застосуванням таких характеристик, як витрата палива, запас ходу в кілометрах, коефіцієнт прискорення, пуск, шумність, вміст CO, вміст NO, собівартість. Країни світу вживають різних заходів щодо скорочення шкідливих викидів в атмосферу. Єврокомісія оголосила про свої плани знизити допустимий рівень викиду вуглекислого газу до 2020 р. до 95 грамів на кілометр для легкових автомобілів, а малих вантажівок – до 147. Єврокомісія підрахувала, що скорочення викидів на 5 грамів допоможе заощадити автовласникам близько 340 на рік [7, с. 193].

Сучасні тролейбуси передбачають можливість руху автономно, з опущеними струмоприймачами до 40 кілометрів, що є актуальним, з урахуванням демонтажу контактних мереж у рамках програм «чисте небо» у великих містах та мегаполісах.

Висновок

Запропоноване рішення сприяє підвищенню потенційних економічних результатів. Безперечно, будівництво нової тролейбусної мережі та розвиток нових ліній в рамках існуючого є прикладом такої модернізації. Довгострокові фінансові результати також призведуть до прийняття рішень щодо поточної модернізації інфраструктури тролейбусного парку. В у всіх цих випадках аналіз економічної ефективності є допоміжним інструментом, який дозволяє усвідомлювати та прийняти обґрунтовані рішення.

Протягом багатьох років економічний аналіз для інвестицій у державний. Прийняті рішення зазвичай мали політичний характер, і не найкращий інтереси проблеми в цілому. Однак у випадку з тролейбусними мережами є сліди аналіз і дискусія в літературі. Нині більшість інвестицій в інфраструктуру, в т.ч нових тролейбусних ліній та їх модернізації, фінансуються коштами ЄС, у цьому випадку потрібен аналіз ефективності. Однак деякі автори техніко-економічних обґрунтувань намагаються цього уникнути пряме порівняння двох сценаріїв дій, які відрізняються лише вибором тяги, тобто однакові варіанти «автобус» і «тролейбус».12

Проект ТРОЛЛЕЙ, спрямований на відверте порівняння між ефективністю автобуси і тролейбуси. У цьому розділі буде подано загальний аналіз ефективності тролейбусного транспорту як альтернативи класичним автобусам разом із зазначенням умов у які тролейбуси є більш вигідним рішенням.

Опрацювання моделі та обговорення висновків відбуватиметься в три етапи. Поточна частина містить загальні припущення моделі, тоді як наступна частина розглядає блоки даних щодо внутрішніх і зовнішніх витрат тролейбусного транспорту, як а також результати моделювання ефективності тролейбусного транспорту за різних наборів припущень. Буде представлено

десять перехресних досліджень результатів, метою яких є Визначити фактори, що визначають економічну ефективність тролейбусного транспорту.

Аналіз економічної ефективності можна здійснити двома основними методами:³

- Врахування лише звітів про рух грошових коштів – такий аналіз називається фінансовим аналізом.
- Врахування звітів про рух грошових коштів, а також зовнішніх витрат, тобто тих витрат які безпосередньо не покриваються стороною, яка їх генерує (наприклад, витрати на забруднення); такий аналіз називають економічним аналізом, а також соціально-економічним аналізом, завдяки той факт, що зовнішні витрати також описуються як соціальні витрати.⁴ Наступне дослідження братиме до уваги обидві вищезгадані концепції.

Фінансовий аналіз враховуватиме:

- вартість тролейбусної інфраструктури – її будівництво та обслуговування;
- вартість тролейбусного парку та, відповідно, автобусного парку – його придбання та обслуговування;
- вартість енергії – електроенергії (тролейбуси) або дизельного палива (автобуси). Економічний аналіз додатково враховуватиме (для автобусів, а також тролейбусів):
- вартість викидів забруднюючих речовин;
- зовнішні витрати на шумове забруднення.

Слід підкреслити той факт, що були опущені недискримінаційні витрати, наприклад як оплата праці водіїв транспортних засобів.

В обох випадках сума витрат буде розрахована за 30 років, після чого залишкова вартість інфраструктури передбачається 35%. Протягом цього періоду тролейбусний парк неодноразово змінюватиметься, де не буде встановлено терміни експлуатації транспортних засобів. Це є досить незначним, оскільки фінансовий аналіз, як правило, проводиться на основі

готівки оператори потоку. Цей виняток, однак, є найпростішим вирішенням пов'язаної проблеми з часткою кількості життєвих циклів транспортного засобу протягом періоду аналізу.

Витрати за період експлуатації (витрати життєвого циклу) розраховуються шляхом додавання і потім дисконтування, таким чином обчислюючи поточну вартість витрат, які будуть віднесені до майбутнє, як представлено у формулі:

$$LCC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (11)$$

Де:

LCC – Вартість життєвого циклу;

t – номер зазначеного періоду (послідовного року аналізу);

C_t – витрати, здійснені в зазначеному періоді (виражені в поточних цінах);

r – ставка дисконту, яка становить 5% у фінансовому аналізі та 8% в економічному аналізі.

Щоб розрізнити фінансовий та економічний аналіз, розрізнятимуть LCCF та LCCE; тобто вартість фінансового та економічного життєвого циклу відповідно. У всіх моделях використовується поняття так званої точки безбитковості, яка виражена як критична інтенсивність трафіку. Точка безбитковості показує середню кількість вильотів для якого витрати життєвого циклу (як економічні, так і фінансові) рівні для автобуса та тролейбуса транспорт. Якщо рівень трафіку перевищує цю позначку, електрична тяга є більш економічно ефективною ніж звичайний автобус. Це впливає з інтуїтивного (на етапі проектування моделі) припущення, що в умовах інтенсивного руху тролейбуси є економічнішими. Це припущення бути перевірені в ході подальшого аналізу.6

Отже, LCC розраховується як функція інтенсивності руху. Виражена інтенсивність руху за кількістю відправлень в одному напрямку протягом одного робочого дня, де прийнято, що рік складається з 295 еквівалентів робочих днів, напр. протягом року їх 225 будні та 140 субот, неділь, свят і днів, включених до довгих вихідних, з ан середній рівень трафіку становить 50% від звичайного робочого дня.

Інтенсивність руху також може стимулюватися транспортною владою, особливо в а ситуація, коли автобусних смуг вдвічі більше, ніж тролейбусних.

Представлена модель показує, що в такій ситуації граничні витрати на тролейбусному транспорті нижчі, ніж на автобусному, і, якщо можливо, слід використовувати перший. (Крива загальної вартості тролейбусного сполучення є менш схильним до аналогічного крива шинного сполучення).

Однак рішення може бути затьмарене розрахунком середньої вартості, який може бути вища для тяги тролейбуса; але треба знати, що середня вартість у тролейбусі зв'язок враховує витрати на інфраструктуру, які мають постійний характер. А рішення, яке розширює знання тих, хто приймає рішення, щодо реальної форми загальна крива витрат може ділити ставку, сплачену оператору громадського транспорту, на дві частини – постійна частина для обслуговування інфраструктури та змінна частина, залежнана експлуатаційні роботи.

- Коливання цін на паливо – інвестиції в тролейбусне сполучення можна розглядати як запобіжник проти коливань цін на паливо, навіть у ситуаціях, коли тролейбуси показують незначну ціну. Менший ККД; ця неефективність стає еквівалентом вартості контракту хеджування.

- Енергія з низьким рівнем викидів та нульовим рівнем викидів – завдяки використанню енергії вугілля, тролейбуса комунікація може характеризуватися більш високим рівнем зовнішніх витрат, ніж шинна комунікація.

- Зовнішнє фінансування – у той час, коли є можливість фінансування ЄС, інвестування в тролейбусний зв'язок є хорошою ідеєю для забезпечення

постійного зниження роботи витрати, які в нинішніх економічних умовах досить важко досягти при реалізації інші проекти (наприклад, витрати, пов'язані з утриманням тролейбусних мереж; сучасні автобуси, які використовують значну кількість бензину; сумніви, що виникають щодо ефективності інтелектуальних транспортних систем).

Нарешті, слід зазначити, що представлена вище модель може з точки зору економіки аналізу, переоцінюють точку беззбитковості тролейбусного сполучення, оскільки за наявних ресурсів воно дає однакову кількість забруднюючих викидів у місті.

Ця переоцінка стосується лише сценарію викидів, тому розмір деформації є не значний. Однак, беручи до уваги диференціацію шкідливості забруднення, що викидається в містах і сільській місцевості, створює бажаний напрямок для завершення моделі.

Вхідні дані моделі є апроксимованими, а у випадку конкретної інвестиції вони може мати іншу форму, ніж у наведеному прикладі. Так кожне інвестиційне рішення повинні бути зроблені на основі окремо параметризованої моделі ефективності, а фігури представлені розглядаються лише як допоміжні

Сисок літератури

1. Єфремов І.С., Косарев Г.В. Теорія і розрахунок тролейбусів. Навчальний посібник для вузів. 1981. – 248 с.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч. посібник/ М.Г. Поович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков; за ред.. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с
3. Я.І. Гаврилов, В.А. Мнацаканов. Вагони метро з імпульсними перетворювачами. М.: – 1986 р.
4. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво Національного Університету «Львівська політехніка», 2004. – 404с.
5. Максимов А.М. Міський електротранспорт: тролейбус. Навчальний осібник для проф.. освіти / А.М. Максимов – М.: Видавничий центр «Академія», 2004 – 256с.
6. Добровольська Е.М. Електропотяги метрополітена. Навч. посібник для проф.. освіти. – М.: ІРПО: М.: Видавничий центр «Академія», 2003. – 320с.