

doi: 10.32620/oikit.2023.98.10

УДК 629.349.063

А. М. Григорович, Д. Г. Кварта

Модернізація струмоприймальної головки тролейбуса

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

У статті розглядається питання підвищення надійності експлуатації існуючого парку пасажирських тролейбусів. Представлено один із можливих варіантів підвищення надійності експлуатації парку тролейбусів. На основі зібраних статистичних даних визначено характерні причини відмов тролейбусів. Показано, що найбільша кількість відмов тролейбусів пов'язана з несправностями електроустаткування. Визначено що одним із найбільш перспективних шляхів зниження кількості відмов є підвищення надійності роботи струмознімачів. З цією метою було проаналізовано загальний стан справ у цій галузі. Запропоновано метод підвищення надійності експлуатації струмознімача у несприятливих погодних умовах. Для вирішення цієї проблеми запропоновано змінити конструкцію струмознімачів. Досліджено існуючі способи вирішення цієї проблеми. Визначено переваги та недоліки існуючих методів. У роботі пропонується нове конструктивне рішення, яке за задумом авторів дозволяє вирішити поставлене завдання. Суть рішення полягає в одночасному встановленні двох струмознімальних вставок на штангу струмоприймача. Застосовувані струмоприймальні вставки мають різні фізичні властивості, і при спільній роботі покращують умови експлуатації струмознімальної системи тролейбуса. Запропоноване рішення зменшує кількість сходів струмознімальної штанги тролейбуса з контактної мережі. Це призводить до підвищення стабільності роботи системи електроустаткування тролейбуса. Одночасно покращуються умови роботи механічної частини конструкції тролейбуса. Це призводить до підвищення стабільності роботи системи електроустаткування тролейбуса. Одночасно покращуються умови роботи механічної частини конструкції тролейбуса. За рахунок зменшення кількості вимушених гальмувань тролейбуса підвищується рівень безпеки та комфорту пасажирів. Зниження загальної кількості відмов роботи системи струмоприймачів і зниження рівня навантажень на механічні системи тролейбуса дозволяють домогтися підвищення міжремонтного пробігу і зниження рівня витрат при експлуатації тролейбусного парку

Ключові слова: тролейбус; струмоприймач; надійність експлуатації; струмознімальна головка.

Постановка проблеми

Сучасні умови розвитку транспортного обслуговування населення в умовах усталеної міської забудови потребує вирішення низки специфічних завдань. До них насамперед можна віднести зручність в обслуговуванні транспортного пасажиропотоку, низку екологічних вимог, що застосовуються до сучасного міського транспорту. Не менш важливе значення має завдання розвантаження транспортного потоку, що в умовах щільної міської забудови, через яку проходять маршрути руху міського пасажирського транспорту являє собою складне багатofакторне завдання.

У цих умовах однією з найбільш значущих завдань, що безпосередньо впливають на вирішення цього питання у цілому є забезпечення надійності функціонування парку пасажирських тролейбусів, що здійснюють перевезення значної частини внутрішньоміського транспортного потоку.

Будучи одним з найбільш екологічних видів пасажирського транспорту спільно, з великою пасажиромісткістю та відносною автономністю, тролейбуси є

одним з найвідповідніших видів міського пасажирського транспорту для здійснення пасажироперевезень з урахуванням заявлених раніше вимог.

Одним з найбільш характерних недоліків використання тролейбусів для здійснення пасажироперевезень в умовах усталеної щільної міської забудови є можливість його ненавмисної зупинки, пов'язаної зі сходженням струмоприймаючої головки тролейбуса з дроту контактної мережі.

Дана обставина в деяких випадках може призвести до блокування руху транспортного потоку в межах смуги, на якій зупинився тролейбус. Це крім створення небажаних перешкод для руху транспортного потоку, знижує рівень комфорту та безпеки при перевезенні пасажирів. Сходження головки струмоприймача з проводів контактної мережі неминуче спричиняє необхідність екстреного гальмування тролейбуса. Це у свою чергу призводить до підвищених навантажень на механізми гальмівної системи тролейбуса та підвищених навантажень на ряд інших електричних та механічних систем тролейбуса.

Також різке незаплановане гальмування тролейбуса крім можливості створення перешкод для руху інших учасників транспортного потоку та створення можливості розвитку передумов до дорожньо-транспортної пригоди можуть призвести до втрати стійкості та падіння пасажирів, що знаходяться всередині пасажирського салону тролейбуса.

Виходячи з вищепереліченого можна зробити висновок про важливість вирішення питання забезпечення рівномірності руху тролейбуса, забезпечення необхідного рівня комфорту та безпеки процесу перевезення пасажирів, а також збільшення ресурсу та міжремонтного пробігу рухомого складу існуючого парку тролейбусів.

Для вирішення цього завдання необхідно визначити найбільш характерні неполадки, що виникають у процесі експлуатації тролейбусного парку, розглянути способи та методи, які застосовуються в практиці експлуатації сучасного тролейбусного парку.

Окремого розгляду вимагають випадки застосування тролейбусів у несприятливих погодних умовах, які значною мірою формують умови ненадійної роботи у системі «контактна мережа-штанга струмоприймача», яка у свою чергу у багатьох випадках є причиною виникнення та розвитку всіх несприятливих випадків, які описані вище.

1. Аналіз типових пошкоджень

Для вибору способу вирішення поставленого завдання підвищення рівня експлуатаційних властивостей пасажирського тролейбуса та зменшення кількості позаштатних зупинок на основі статистичного матеріалу було проведено аналіз типових несправностей тролейбусів зафіксованих у процесі експлуатації парку тролейбусів за певний відрізок часу. Ця робота виконувалася з метою визначення та вибору найбільш перспективних варіантів вирішення поставленого завдання.

За результатами цього аналізу виявлено вузли які саме частіше виходили з ладу. Результати аналізу показані в Таблиці 1.

Основною метою аналізу є оцінка тривалості діагностування рухомого складу тролейбусів та її покращення порівняно з існуючими. В якості основного матеріалу для подальшого аналізу виступали дані які містять в собі статистику відмов за окремими деталями вузлами та агрегатами електрообладнання тролейбуса.

Для визначення інтенсивності відмов і середньої періодичності відмов 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 нижче формулами було розраховано інтенсивність відмов і оптимальний час діагностики тролейбусного обладнання [1].

Наведені дані були отримані з парку тролейбусів огляди електроустановок яких проводились відповідно до Регламенту технічного обслуговування, і далі за календарним графіком (при умові, що тролейбуси ходять досить рівномірно).

В якості основної кількісної характеристики групи однотипних об'єктів використовувалась математична ймовірність надійної або безвідмовної роботи $P(t)$, 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 $I(t)$. Інтенсивність відмов $I(t)$ - це ймовірність того, що пристрій вийде з ладу протягом часу t , відносно значення інтервалу t , якщо пристрій працював протягом заданого інтервалу Δt .

Аналітичні зв'язки між цими параметрами з високим ступенем достовірності можна подати у такому вигляді:

$$f(t) = -dP/dt \quad (1)$$

$$\lambda(t) = f(t)/P(t) = -\frac{1}{P(t)} * P'(t) = \frac{N(\Delta t_i)}{N_{avi} * \Delta t_i} \quad (2)$$

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 .

Як представлено з таблиці 1 найбільша кількість відмов пов'язана з виходом з ладу елементів струмоприймальної системи. Це пов'язано з тим що при використанні тролейбусів в нашій кліматичній зоні однією з причин виникнення несправностей тролейбусів в Україні являються погодні умови, а саме висока вологість та можливі низькі температури.

Дані несприятливі погодні умови можуть призвести до варіанта, за якого контактна мережа може бути покрита шаром води, інею чи льоду та стати при цьому досить слизькою. Це в більшості випадків значно погіршує електричний контакт з графітними вставками, та викликає можливість появи іскріння яке негативно впливає на ресурс контактної мережі, та самих графітних вставок які входять до складу конструкції струмознімальної головки тролейбуса.

Іншим негативним моментом який може виникнути являється сходження струмоприймальної штанги з проводу що у свою чергу, крім порушення графіка руху, може призвести до створення перешкод для руху інших учасників транспортного потоку. У особливо несприятливих випадках сходження штанги може призвести до руйнування або пошкодження електричної контактної мережі, або порушення цілісності конструкції штанги струмоприймача тролейбуса.

Таблиця 1

Розподіл відмов за групами електроустаткування тролейбуса

№	Тип електрообладнання	λ , 1/рік	Довірчий інтервал $\alpha=0,9$		T, рік	tdopt	Кповернення
			λ_i	λ_u			
1	Запобіжники	2,015	1,914	2,156	0,46	2,31	0,225
2	Тяговий двигун	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-комресор	6,123	5,816	6,551	0,15	19,50	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	9,580	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

Таким чином можна припустити, що найбільш перспективним і технологічним методом досягнення поставленого завдання є зниження загальної кількості випадків втрати контакту штанги струмоприймача з електричною контактною мережею, та зниження впливу факторів, що призводять до підвищеного іскріння між контактною мережею та головкою струмоприймача

На даний час існують та застосовуються наступні методи боротьби з обледенінням контактної мережі:

- електричний метод;
- електромеханічний метод;
- механічний метод.

Суть електричного методу полягає в тому, що за допомогою спеціального обладнання через контактну мережу пропускається високий струм внаслідок чого провід нагрівається і відбувається процес плавлення льодового покриву.

До недоліків цього методу можна віднести складність конструкції обладнання, та час який потрібно для прогріву усєї мережі.

Електромеханічний метод полягає в пропусканні через контактну мережу струму високої частоти. В наслідок чого на в проводах виникають вібрації які

руйнують льодовий покрив. Але цей метод має такі ж самі недоліки, що електричний метод.

Механічний метод полягає в збиванні льоду з проводу за допомогою діелектричних телескопічних штанг, або спеціальних скребків.

Вище перераховані методи на даний час широко використовуються в тролейбусних парках, але основним не недостатком цих методів є великі затрати часу на обслуговування мережі, а також наявність ділянок маршруту де ці заходи неможливо зробити.

2. Вибір методу модернізації

На підставі отриманої інформації прийнято рішення про зміну конструкції струмоприймаючої головки. Для цього вивчено конструкцію головки струмоприймача, визначено та проаналізовано особливості конструкції струмознімальних вставок які застосовуються. Також визначено умови роботи та вимоги, що диктуються проходженням струмознімальної головки місць розгалуження електричної контактної мережі.

У струмознімальній головці звичайної конструкції зазвичай використовуються стандартні вставки типу ВКТ-1. Дана вставка має розміри ширина – 28 мм, довжина – 87 мм, висота плечей – 14 мм.

Перевагою стандартної конструкції вставки ВКТ-1 є низька ціна.

Серед недоліків вставки стандартної конструкції слід зазначити

- можливість руйнування під час проходження через спецчастини контактної мережі;
- наднормативний бічний знос щік при руйнуванні стінок вставки;
- невеликий термін служби вставки.

Аналогічні характеристики має струмопровідна вставка ВКТ-2, яка відрізняється від вставки ВКТ-1 формою профілю.

У деяких випадках застосовується вставка ВКТ-3. Вставка ВКТ-3 зберігаючи габаритні розміри вставок ВКТ-1 та ВКТ-2 відрізняється від них тривалішим терміном служби

Найкращі результати зафіксовані під час застосування вставки ВКТ-5. Вставка ВКТ-5 має такі габаритні розміри: ширина – 28 мм, довжина – 87 мм, висота плечей – 20 мм.

До переваг застосування вставки ВКТ-5 можна віднести:

- збільшену товщину стінок у верхній частині;
- форма вставки дає плавне входження та проходження спец. частин контактної мережі;
- зменшення можливості бічного тертя дроту із щітками;
- збільшення ресурсу всіх елементів системи струмознімання через зменшення іскріння, спричиненого втратою контакту;
- підвищений термін служби вставки.

Однак у всіх розглянутих випадках застосування струмопровідні вставки виконані як єдина монолітна деталь, виготовлена з однорідного матеріалу. При цьому вставки з м'якшого матеріалу мають кращі струмознімальні властивості, але нестійко працюють у разі підвищеної вологості або зледеніння контактної дроту.

Для вирішення проблеми покращення роботи струмопровідної вставки в умовах підвищеної вологості або наявності зледеніння контактної мережі

пропонується оснастити головку струмознімача не однією а двома вставками.

При цьому необхідне збереження загальних габаритів головок струмознімачів, що обумовлено необхідністю проходження розгалужень існуючої електричної контактної мережі.

Застосування замість однієї монолітної вставки двох вставок меншої довжини не змінює загальну площу контакту струмопровідної вставки з контактним проводом, що дозволяє зберегти термін служби пропонованої комбінованої вставки в порівнянні зі вставкою стандартної довжини.

Запропонована конструкція показана на рис. 1.

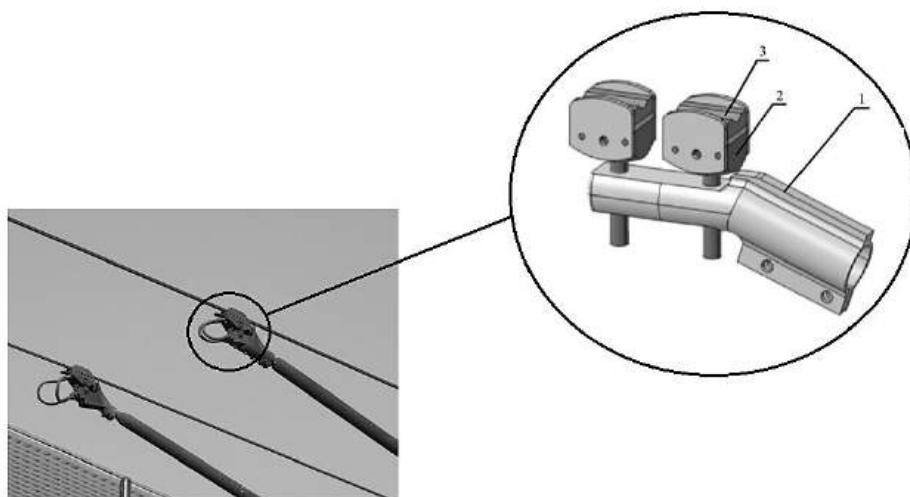


Рис.1. Схема модернізованої головки струмоприймача з двома струмознімальними вставками.

Модернізація полягає в установці двох графітних вставок з різними механічними властивостями. Наприклад попереду буде встановлено графітну вставку з більшою щільністю, що дасть змогу більш ефективно прибирати воду з проводу та руйнувати льодову кірку. Але жорстка графітна вставка має гірші електричні параметри, тому по заду встановлюється графітна вставка яка дозволяє краще знімати струм за рахунок чого обидві вставки доповнюють одна одну.

Завдяки використанню двох струмоприймальних головок, графітні вставки працюють в нормальному режимі весь період експлуатації, що запобігає виникненню іскріння, та вигорання контактного проводу.

Робота струмоприймального вузла в нормальному режимі значно підвищує надійність всієї струмоприймальної системи тролейбуса, зменшує ймовірність зходу струмоприймальних штанг з контактної мережі, що в свою чергу зменшує ризик застосування екстреного гальмування яке може спричинити травмування пасажирів в салоні.

При експлуатації в нормальних погодних умовах можна буде установити графітні вставки які використовуються зазвичай, що дає змогу не знімати весь струмоприймальний модуль. Цим самим ми добиваємося універсальності конструкції.

Заміна графітних вставок відбувається за стандартним регламентом, або по мірі їх зносу

3. Висновки

Запропонована конструкція може бути встановлена на існуючі тролейбуси без суттєвих змін в конструкції та фінансових затрат.

З економічної точки зору ускладнення яке виникає за рахунок установки додаткової графітної вставки не несе суттєвих затрат через підвищення ресурсу контактної мережі яка є значно дорожчою чим запропонована модернізація.

Результатом запропонованої модернізації є:

зменшення часу ремонту та обслуговування тролейбусного парку;

запобігання виникненню дорожніх заторів;

зменшення витрат на обслуговування контактної мережі;

підвищення надійності рухомого складу за рахунок зменшення кількості відмов струмоприймальної системи.

Список літератури

1. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни "Теорія та розрахунок електрообладнання рухомого складу (для студентів і магістрів 5 курсу всіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – Електричний транспорт) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. В. Донець. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 35 с.

2. Babyak, M 2019 Problems of interaction of contact wire and current collectors of electric transport with different contact materials *BulTrans-2019 Conference Proceedings* 97–105.

References

1. Metodychni vkazivky do vykonannya praktychny`x ta samostijnyx robıt z dyscypliny "Teoriya ta rozrakhunok elektroobladdnannya ruxomogo skladu (dlya studentiv i magistriv 5 kursu vsix form navchannya ta sluxachiv drugoyi vy`shhoiy osvity specialnosti 7.05070203, 8.05070203 – Elektry`chny`j transport) / Xarkiv. nacz. un-t misk. gosp-va im. O. M. Beketova; uklad.: O. V. Donecz`. – Xarkiv : XNUMG im. O. M. Beketova, 2015. – 35 s

2. Babyak, M 2019 Problems of interaction of contact wire and current collectors of electric transport with different contact materials *BulTrans-2019 Conference Proceedings* 97-105.

Надійшла в редакцію 20.12.2023, розглянута на редколегії 20.12.2023

Modernization of the current-receiving head of the trolleybus

The article deals with the issue of improving the reliability of the existing fleet of passenger trolleybuses. One of the possible options for increasing the reliability of operation of the trolleybus fleet is presented. Based on the collected statistical data, the typical causes of trolleybus failures were identified. It has been shown that the largest number of trolleybus failures is associated with electrical equipment malfunctions. It is determined that one of the most promising ways to reduce the number of failures is to improve the reliability of current collectors. To this end, the

general state of affairs in this field was analyzed. A method for improving the reliability of current collector operation in adverse weather conditions is proposed. To solve this problem, it is proposed to change the design of the current collectors. The existing ways of solving this problem are investigated. The advantages and disadvantages of the existing methods are determined. The paper proposes a new constructive solution, which, according to the authors' idea, allows solving the problem. The essence of the solution is the simultaneous installation of two current-collecting inserts on the current collector rod. The current collecting inserts used have different physical properties and, when working together, improve the operating conditions of the trolleybus current collecting system. The proposed solution reduces the number of trolleybus current-collecting rod disconnections from the contact network. This leads to an increase in the stability of the trolleybus electrical system. At the same time, the operating conditions of the mechanical part of the trolleybus structure are improved. This leads to an increase in the stability of the trolleybus electrical system. At the same time, the operating conditions of the mechanical part of the trolleybus structure are improved. By reducing the number of forced braking of the trolleybus, the level of safety and comfort of passengers increases. Reducing the total number of failures of the current collector system and reducing the level of loads on the mechanical systems of the trolleybus allows to increase the overhaul mileage and reduce the level of costs in the operation of the trolleybus fleet

Key words: trolleybus; current collector; operational reliability; current collector head

Відомості про авторів:

Григорович Антон Михайлович – старший викладач каф. 107, «Автомобілів та транспортної інфраструктури», Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Електронна пошта: a.grigorovich@khai.edu ORCID: 0000-0001-5388-3159.

Кварта Дмитро Григорович – студент групи 163т, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є.Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Електронна пошта: dima.kvarta@ukr.net ORCID: 0009-0008-3569-6366.

About the Authors:

Grigorovich Anton Mikhailovich – senior speaker of department 107, “Automobiles and transport infrastructure”, National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute". Electronic mail: a.grigorovich@khai.edu ORCID: 0000-0001-5388-3159

Kvarta Dmitro Grigorovich – student of group 163t, National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute". Electronic mail: dima.kvarta@ukr.net ORCID: 0009-0008-3569-6366.