

УДК 621.336.22

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.173.2017.118355>

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТРУМОПРИЙМАЧА
ПРИ ВИСОКОШВИДКІСНОМУ РУСІ**

Д-р техн. наук О. В. Устенко, магістри Е. М. Вовк, С. В. Ляшенко,
магістрант Д. Ю. Письменний

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОКОПРИЕМНИКОВ ПРИ
ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДВИЖЕНИИ**

Д-р техн. наук А. В. Устенко, магистры Э. Н. Вовк, С. В. Ляшенко,
магістрант Д. Ю. Письменный

**INVESTIGATION OF AERODYNAMIC PROPERTIES OF ACCUMULATORS AT HIGH-
SPEED MOVEMENT**

Dr. sc. sciences O. V. Ustenko, master E. M. Vovk, S. V. Lyashenko,
master student D. Y. Pysmennyi

Розглянуто та проаналізовано проблеми струмознімання при високих швидкостях руху, вплив зустрічного повітряного потоку на струмоприймач, способи регулювання контактного натискання струмоприймача електрорухомого складу. Описано дослідження аеродинамічних сил струмоприймача при використанні аеродинамічної труби та наведено

найбільш перспективний метод покращення струмознімання. Для підвищення ефективності функціонування українського залізничного транспорту бажано вирішити головні питання, поставлені на сьогоднішній день.

Ключові слова: струмоприймач, струмознімання, електрорухомий склад, високошвидкісний рух, аеродинамічна характеристика.

Рассмотрены и проанализированы проблемы токосъема при высоких скоростях движения, влияние встречного воздушного потока на токоприемник, способы регулирования контактного нажатия токоприемника электроподвижного состава. Описаны исследования аэродинамических сил токоприемника при использовании аэродинамической трубы и приведен наиболее перспективный метод улучшения токосъема. Для повышения эффективности функционирования украинского железнодорожного транспорта желательны решить главные вопросы, поставленные на сегодняшний день.

Ключевые слова: токоприемник, токосъем, электроподвижной состав, высокоскоростное движение, аэродинамическая характеристика.

Modern tendencies in the market of transport services for passenger transportation are the relative reduction of the role of railways and the increase of the value of automobile and air transport. High-speed carriage can change the situation in its favor. To enter a high-speed traffic on Ukraine's railways, we need to take into account many different aspects. The article deals with the problem of increasing the quality of the current collection at high velocities by providing a rational aerodynamic characteristic of the collector of the electromagnetic composition. The problems of current collection at high speeds, the effect of counter propagating current on the current collector, and the methods for controlling the contact pressing of a current collector of an electric rolling stock are considered and analyzed. The research of the aerodynamic forces of the current collector using the wind tunnel is described and the most promising method for improving the current collection is given. To improve the efficiency of Ukrainian rail transport, it is desirable to solve the main issues that are posed today.

Keywords: current collector, electric rolling stock, high-speed motion, aerodynamic characteristics.

Вступ. Сучасні тенденції на ринку транспортних послуг з перевезення пасажирів полягають у відносному зменшенні ролі залізничного та підвищенні значення автомобільного та повітряного транспорту. Високошвидкісні перевезення зможуть змінити ситуацію на свою користь. Для введення високошвидкісного руху на залізницю України потрібно врахувати багато різних аспектів. У статті розглядається проблема збільшення якості струмознімання при високих швидкостях руху шляхом забезпечення раціональної аеродинамічної характеристики струмоприймача електрорухомого складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками проблема

організації високошвидкісного руху в Україні займає одну з головних позицій при вирішенні питання пасажирського перевезення залізничним транспортом. Був проведений аналіз впровадження високошвидкісного руху в Україні [11], також були розглянуті показники, що дозволяють розрахунковим методом спрогнозувати інтенсивність зношування й зміну форми профілю колеса [2]. Але одною з головних проблем є збільшення якості струмознімання при високих швидкостях руху, тому що струмоприймач зазнає аеродинамічного навантаження та за рахунок цього значно зменшується ресурс контактного проводу й самого струмоприймача.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою статті є збільшення якості струмознімання при високих швидкостях руху та забезпечення раціональної аеродинамічної характеристики струмоприймача електрорухомого складу.

Основна частина дослідження. Інтеграційні процеси у світі і участь в них України спричиняють подальший розвиток єдиного європейського ринку товарів і послуг взагалі і транспортного ринку зокрема, що служить важливою основою зростання обсягів не тільки вантажних, а й пасажирських перевезень.

Розглянемо світовий досвід упровадження високошвидкісного залізничного руху на залізницях. Європейські та міжнародні стандарти визначають, що швидкісний рух – це такий рух, який забезпечує поїздки між двома пунктами зі швидкостями в інтервалах 141-160 і 161-200 км/год. Високошвидкісні магістралі в порівнянні зі звичайним залізничним рухом потребують значних змін. Необхідне переобладнання колійного господарства, покращення аеродинамічних властивостей рухомого складу, підвищення якості колісних пар [2] та ін. Відомчі нормативи

подають високошвидкісний рух пасажирських поїздів як рух пасажирських поїздів із швидкостями в інтервалах:

- 141-160 км/год – прискорений рух;
- 161-200 км/год – швидкісний рух;
- понад 200 км/год – високошвидкісний рух [1].

При високошвидкісному русі покращення аеродинамічних властивостей потребує не тільки екіпажна частина електрорухомого складу, а також струмоприймач, тому для покращення струмознімання треба зменшити інтенсивне аеродинамічне навантаження на нього.

Струмоприймач електрорухомого складу при високошвидкісному русі підпадає під вплив повітряного середовища. Аеродинамічний вплив визначається швидкістю потоку, що набігає, його щільністю і напрямком відносно струмознімального пристрою.

Аеродинамічна сила P_R , що діє на струмоприймач при русі в повітряному середовищі, може бути розкладена на дві складові – горизонтальну P_{BTX} і вертикальну P_{BT} [3, 4], як показано на рис. 1.

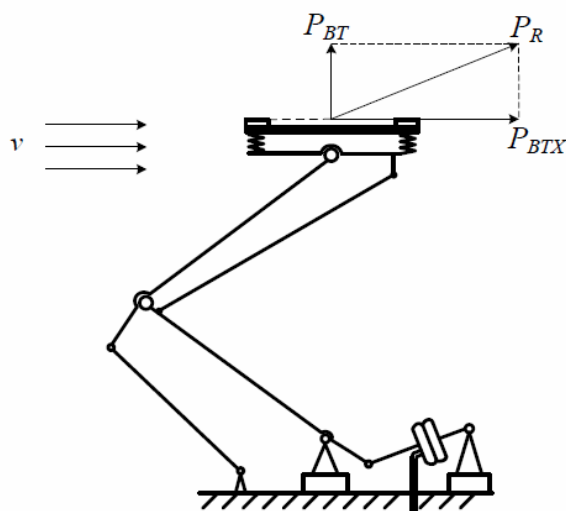


Рис. 1. Вплив зустрічного повітряного потоку на струмоприймач

Вертикальна складова аеродинамічної сили струмоприймача є однією зі складових контактного натискання.

Італійськими фахівцями під керівництвом А. Колліні і Р. Грегорі були проведені дослідження струмоприймача Faiveley CX25 в аеродинамічній трубі Міланського технічного університету, розміром 4x4 м (рис. 2). Авторами також були застосовані засоби обчислювальної гідрогазодинаміки (CFD-аналіз) [5].

Струмоприймач піддавався обдуву при напрямках повітряного потоку 0° , 9° ,

18° , 27° , 153° (на рис. 2) і 180° щодо вертикальної площини при спрямуванні повітряного потоку по нормалі до цієї площини (0° – «коліно» вперед, назустріч набігаючого потоку). Робоча висота струмоприймача залишалася незмінною. Максимальна швидкість потоку дорівнювала 50 м/с. Вертикальна складова аеродинамічної сили при цьому змінювалася від 60 Н при 0° до 35 Н при 180° щодо початкового положення.

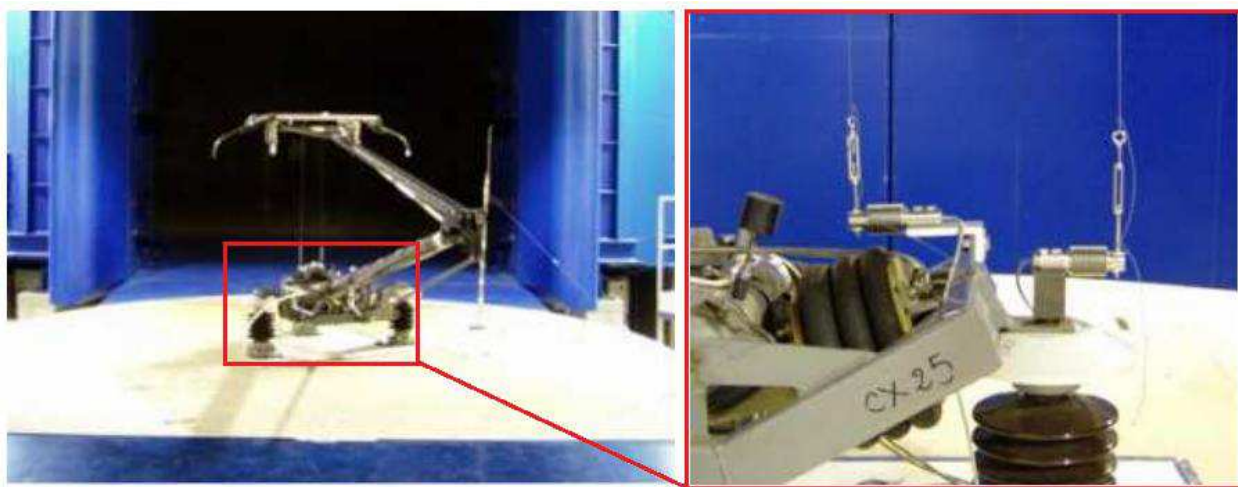


Рис. 2. Дослідження аеродинамічних сил струмоприймача при використанні аеродинамічної труби в Міланському технічному університеті

І. Накакура і І. Мінамі з Central Japan Railway Company, Токуо, проводили дослідження аеродинамічного шуму і вертикальної складової аеродинамічних сил, що створюються пантографом Series 700 швидкісного електропоїзда Shinkansen і прототипу N700. В даній роботі авторами пропонується метод компенсації вертикальної складової аеродинамічних сил шляхом застосування верхнього вузла струмоприймача спеціальної форми [6].

А. Ідо, Т. Куріта і І. Вакабаяші розраховували рівень звукового впливу на струмоприймач [9]. Причому дослідження проводилися як при наявності звукопо-

глинальних екранів, так і при їх відсутності в спектрі частот від 75 Гц до 37,5 кГц.

Професором Г. П. Масловим для оцінки аеродинамічних властивостей струмоприймача використовувалися такі параметри, як C_x (аеродинамічний коефіцієнт лобового опору) і C_y (аеродинамічний коефіцієнт підйомної сили) [8]. Дані коефіцієнти прямо пропорційні аеродинамічним силам, які діють на струмоприймач або на його окремі елементи.

Найбільш перспективним напрямком досліджень на даний момент (і в найближчому майбутньому) є застосування методів обчислювальної гідрогазодинаміки

(CFD) з використанням твердотільних тривимірних моделей струмоприймачів і їх окремих елементів, так як в даний час активно розвиваються обчислювальні потужності і комерційні програмні засоби, а також удосконалюються методи розрахунку процесів обтікання газом або в'язкою рідиною твердих тіл, а саме: з'являються гібридні методи, що поєднують в собі як моделювання, так і безпосередній розрахунок ламінарних і турбулентних течій. Також удосконалюються методики задання граничних умов, параметрів середовища, формування розрахункової сітки [5, 7, 11].

Наведені дослідження показують, що асиметричний струмоприймач має різні аеродинамічні характеристики при русі в протилежних напрямках. У деяких випадках ця різниця може привести до збільшення механічного зносу контактних вставок і контактного проводу або до збільшення електричного зносу даних

елементів при русі в одному з напрямків. Щоб цьому запобігти, використовують або систему автоматичного регулювання контактного натискання, або керують аеродинамічними силами за допомогою спеціальних пристроїв. Таким чином, аеродинамічні сили, що діють на струмоприймач, повинні регулюватися [10].

Висновки. Таким чином, аеродинамічні сили, що діють на струмоприймач, повинні регулюватися. Всі способи регулювання можна розділити на три групи: покращення аеродинамічних характеристик окремих елементів струмоприймачів, застосування повітророзсікачів і відвідних екранів, встановлених на даху локомотива, установа на струмоприймач спеціальних аеродинамічних пристроїв (гвинтів, екранів, крил).

Всі роботи спрямовані на підвищення якості струмознімання, яке повинно відповідати вимогам надійності, економічності і екологічності.

Список використаних джерел

1. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу. Відомчий нормативний документ. ВНД 32.1.07.000-02. Державна адміністрація залізничного транспорту України [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2002. – 51 с.
2. Харламов, П. О. Обґрунтування профілю колісних пар для високошвидкісного транспорту [Текст] / П. О. Харламов, А. А. Деміденко // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 166. – С. 180-184.
3. Маслов, Г. П. Повышение качества токосъёма при интенсивном аэродинамическом воздействии на контактные подвески и токоприёмники электрического транспорта [Текст]: дис.... д-ра техн. наук / Г. П. Маслов. – Омск, 1993. – 532 с.
4. Маслов, Г. П. Влияние форм элементов токоприёмника на его аэродинамическую характеристику [Текст] / Г. П. Маслов, М. А. Дятлова // Инновационные проекты и новые технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы науч.-практ. конф., посвященной 110-летию Омского государственного университета путей сообщения. – Омск: ОмГУПС, 2010. – С. 31-35.
5. Gregoire R. Some considerations on the aerodynamics of high speed pantograph: CFD and wind tunnel tests [Text] / R. Gregoire, A. Collina, F. Resta et. al. // BBAA VI International Colloquium on: Bluff Bodies Aerodynamics & Applications. – Milano, Italy. 20 – 24 July 2008. – P. 66-69.

6. Nakakura Y. Development of pantograph for the Series N700 Shinkansen [Text] / Y. Nakakura, K. Sakanoue, Y. Minami et. al. // WCRR Lille 2011. – France. 22 – 26 May 2011. – P. 1118-1127.
7. Collina, A. A feasibility study of an aerodynamic control for a high speed pantograph [Text] / A. Collina, A. Facchinetti, F. Resta // Decision and Control, 2005 and 2005 European Control Conference. – Zurich. 2007. – P. 1-6.
8. Маслов, Г. П. Аэродинамические показатели токоприемников скоростного электрического подвижного состава [Текст] / Г. П. Маслов, М. А. Дятлова // Известия Транссиба: науч.-техн. журнал. – 2010. – № 1. – С. 20-25.
9. Ido, A. Development of Technologies for Minimizing Environmental Impacts [Text] / A. Ido, T. Kurita, Y. Wakabayashi // Proceedings of 7th World Congress on Railway Research. – Munich, Germany. 2006. – P. 810-820.
10. Чепурко, А. Е. Повышение качества токосъема за счет применения новых аэродинамических устройств токоприемников электроподвижного состава [Текст] / А. Е. Чепурко, В. Н. Яковлев // Инновационное развитие железнодорожного транспорта России: материалы всероссийской науч.-практ. конференции; Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск: ОмГУПС, 2012. – С. 128-135.
11. Collina, A. An Application of Active Control to the Collector of an High-Speed Pantograph: Simulation and Laboratory Tests [Text] / A. Collina, A. Facchinetti, F. Fossati et. al. // Decision and Control, 2005 and 2005 European Control Conference. CDC-ECC'05. 44th IEEE Conference on. – Seville, Spain. 12 – 15 Dec. 2005. – P. 4602-4609.
12. Аналіз перспектив впровадження високошвидкісного руху в Україні [Текст] / О. В. Лаврухін, О. О. Шапатіна, С. В. Газасєв [та ін.] // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 163. – С. 4-10.

Устенко Олександр Вікторович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99.

E-mail: a.v.ustenko@gmail.com.

Письменний Дмитро Юрійович, магістрант ІППК (Проект TEMPUS IV) Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 414-11-71. E-mail: dima30655@gmail.com.

Вовк Едуард Миколайович, магістр інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (067) 563-02-96. E-mail: dima30655@gmail.com.

Ляшенко Сергій Васильович, магістр інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 414-11-71. E-mail: dima30655@gmail.com.

Ustenko Oleksandr, doct. of techn. sciences, professor, Department of maintenance and repair of rolling stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-99. E-mail: a.v.ustenko@gmail.com.

Pysmennyi Dmytro, gs of ESIRAT (project TEMPUS IV) Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (095) 414-11-71. E-mail: dima30655@gmail.com.

Vovk Eduard Mikolajovych, sciences, pg., Department of maintenance and repair of rolling stock, the Ukrainian State University for Transportation. Tel.: (067) 563-02-96. E-mail: VovkEduard77@gmail.com.

Lyashenko Sergiy Vasilovich, sciences, pg., Department of maintenance and repair of rolling stock, the Ukrainian State University for Transportation. Tel.: (095) 414-11-71. E-mail: Sergiy818@gmail.com.

Стаття прийнята 14.11.2017 р.