

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Будниченка Ігора Валерійовича

на тему «Удосконалення методу оцінювання

енергоефективності транспортного засобу категорії

М₃ класу I з електричною тяговою установкою»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 274

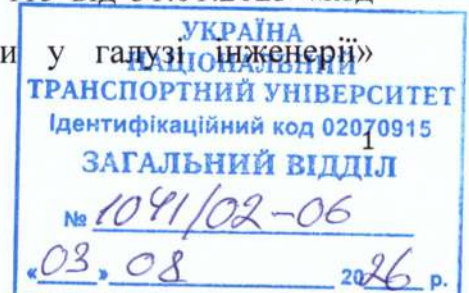
«Автомобільний транспорт», галузь знань 27 «Транспорт»

Актуальність теми дослідження

Одним із пріоритетних напрямів розвитку міського пасажирського транспорту є впровадження транспортних засобів з електричною тяговою установкою. Водночас ефективність їх експлуатації значною мірою визначається рівнем споживання електроенергії, що обумовлює необхідність удосконалення методів оцінювання енергоефективності та контролю енергоспоживання транспортних засобів категорії М₃ класу I.

Незважаючи на активний розвиток електричного транспорту, на сьогодні відсутня стандартизована методика оцінювання енергоефективності транспортних засобів категорії М₃ класу I та недостатньо розроблені підходи до проведення енергетичного аудиту їх експлуатації. Це обмежує можливості об'єктивного порівняння різних моделей транспортних засобів, нормування витрат електроенергії та підвищення ефективності управління експлуатаційними процесами. Тому тема дисертаційної роботи, присвячена удосконаленню методу оцінювання енергоефективності транспортних засобів категорії М₃ класу I з електричною тяговою установкою, є актуальною та має важливе наукове і практичне значення.

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних робіт кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету (м. Київ), а саме теми № 115 від 31.01.2023 «код 71350000-6 (ДК021-2015) Науково-технічні послуги у галузі інженерії»



(Розроблення методів обґрунтування енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї та оцінювання енергетичної ефективності транспортного засобу з електричною тяговою установкою), замовником якої виступає ТОВ «ПОЛТЕХНОСЕРВІС» (м. Бровари).

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та семи додатків. Загальний обсяг дисертації становить 168 сторінок. Дисертація містить 26 таблиць та 44 рисунки. Робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено її зв'язок із науково-дослідною тематикою, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. Висвітлено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок здобувача, наведено відомості щодо апробації й публікації результатів дослідження.

У **першому розділі «Аналіз досліджень щодо оцінювання енергоефективності транспортних засобів»** виконано аналіз сучасних підходів до оцінювання енергоефективності транспортних засобів, розглянуто існуючі показники та методи її визначення, а також особливості їх застосування до транспортних засобів категорії M_3 класу I з електричною тяговою установкою. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність розроблення методу оцінювання енергоефективності таких транспортних засобів та визначено основні напрями подальших досліджень.

Другий розділ «Математичні моделі багатфакторної оцінки споживання енергоносія транспортним засобом» присвячено розробленню теоретичних засад оцінювання енергоефективності транспортних засобів категорії M_3 класу I з електричною тяговою установкою. Автором запропоновано класифікацію споживачів енергоносія та побудовано граф станів перебування транспортного засобу в русі, що дозволило формалізувати процес енергоспоживання залежно від режимів експлуатації. На основі аналізу

взаємозв'язків між джерелом енергії та окремими споживачами розроблено загальну математичну модель споживання енергоносія, яка враховує енергетичні витрати як на забезпечення руху транспортного засобу, так і на роботу допоміжних систем. Особливу увагу приділено математичному опису процесів енергоспоживання для різних типів їздових циклів («трикутник», «трапеція» та «трапеція+трикутник»). Запропоновані математичні залежності дають змогу кількісно оцінювати енергоспоживання транспортного засобу в різних режимах руху та використовувати отримані результати для визначення показників його енергоефективності.

У третьому розділі «Експериментальні дослідження енергоспоживання транспортного засобу» наведено методику та результати експериментальних досліджень енергоспоживання транспортного засобу категорії М₃ класу І з електричною тяговою установкою в різних режимах експлуатації. Досліджено вплив швидкості сполучення, опору руху, роботи систем комфорту і безпеки, а також окремих режимів руху (розгін, рівномірний рух і гальмування) на витрати енергоносія. Виконано експериментальну перевірку розроблених математичних моделей для різних їздових циклів («трикутник», «трапеція» та «трапеція+трикутник»), результати якої підтвердили їх адекватність експериментальним даним. Досліджено особливості рекуперації енергії під час гальмування та її вплив на енергоспоживання транспортного засобу. За результатами проведених досліджень обґрунтовано вибір випробувального їздового циклу та параметри його реалізації для подальшого визначення показника енергоефективності транспортного засобу.

У четвертому розділі «Метод оцінювання енергоефективності транспортного засобу» автором узагальнено результати теоретичних та експериментальних досліджень і на їх основі розроблено метод оцінювання енергоефективності транспортних засобів категорії М₃ класу І з електричною тяговою установкою. Обґрунтовано вибір випробувального їздового циклу «трикутник» як такого, що характеризується мінімальною довжиною випробувальної ділянки, незначною кількістю контрольованих параметрів і

забезпечує мінімальний вплив дій водія на результати випробувань при збереженні їх інформативності. Визначено процедуру проведення випробувань, запропоновано використовувати як показник енергоефективності питому витрату енергоносія, приведену до нормованої довжини випробувальної ділянки, а також обґрунтовано застосування стандартизованих статистичних процедур для порівняння результатів випробувань різних транспортних засобів. Запропонований підхід є методично завершеним і може бути використаний для об'єктивного оцінювання енергоефективності транспортних засобів з електричною тяговою установкою.

У висновках до дисертаційної роботи узагальнено результати виконаних теоретичних та експериментальних досліджень і підтверджено досягнення поставленої мети.

У додатках наведено матеріали, що доповнюють основний зміст дисертаційної роботи, зокрема відомості про об'єкт експериментальних досліджень, результати математичного моделювання витрати енергоносія, фрагменти експериментальних даних та їх оброблення, фрагменти програмного коду для оброблення результатів досліджень, акти впровадження результатів дисертаційної роботи, а також перелік наукових праць здобувача.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів

Наукові положення, методи та математичні моделі, запропоновані в дисертаційній роботі, достатньою мірою обґрунтовані, базуються на сучасних методах математичного моделювання, теоретичних та експериментальних дослідженнях процесів енергоспоживання транспортних засобів з електричною тяговою установкою, а також підтверджені результатами експериментальних досліджень і особистими напрацюваннями автора.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– вперше запропоновано метод оцінювання енергоефективності транспортного засобу категорії МЗ класу І з електричною тяговою установкою, який ґрунтується на використанні випробувального їздового циклу у вигляді

«трикутника» з унормованими параметрами максимальної швидкості та довжини ділянки, що забезпечує об'єктивне визначення показника енергоефективності;

- удосконалено математичну модель визначення загальних витрат енергоносія транспортного засобу категорії М₃ класу І з електричною тяговою установкою, яка враховує вплив основних експлуатаційних факторів і режимів руху на процес енергоспоживання;

- набули подальшого розвитку підходи до класифікації станів руху транспортного засобу, що дало змогу спростити моделювання процесів енергоспоживання та визначення витрат енергоносія під час перебування транспортного засобу в окремих режимах руху.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

- запропонований метод оцінювання енергоефективності створює передумови для уніфікації підходів до визначення енергоефективності транспортних засобів категорії М₃ класу І з електричною тяговою установкою;

- результати дослідження можуть бути використані під час формування технічних вимог і тендерної документації при оновленні парку міського пасажирського транспорту;

- отримані результати можуть слугувати методичною основою для розроблення нормативів витрат електроенергії та проведення енергетичного аудиту транспортних засобів з електричною тяговою установкою.

- Результати досліджень прийняті до впровадження ТОВ «ПОЛТЕХНОСЕРВІС», ТОВ «ЧАЗ» та ТОВ «Спільне українське німецьке підприємство ЕЛЕКТРОНМАШ» і використовуються під час підготовки тендерної документації на придбання нового рухомого складу міського електричного транспорту

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертації достатньо повно висвітлені у 14 наукових працях, з яких шість статей у фахових виданнях України, вісім в матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

У дисертаційній роботі Будниченка Ігора Валерійовича на тему «Удосконалення методу оцінювання енергоефективності транспортного засобу категорії M_3 класу I з електричною тяговою установкою» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації:

1. У першому розділі виконано ґрунтовний аналіз сучасних підходів до оцінювання енергоефективності транспортних засобів, однак огляд доцільно було б доповнити порівняльним аналізом існуючих методів із чітким визначенням їх переваг, недоліків та особливостей застосування до транспортних засобів категорії M_3 класу I з електричною тяговою установкою.

2. Під час аналізу існуючих їздових циклів основну увагу приділено особливостям їх застосування, проте недостатньо детально розглянуто роль експлуатаційних факторів на достовірність оцінювання енергоефективності.

3. У запропонованих математичних моделях опір руху транспортного засобу прийнято сталим. Відомо, що у реальних умовах експлуатації на його величину впливають поздовжній профіль маршруту, дорожні умови тощо. Варто було б оцінити вплив цих факторів на точність запропонованих моделей або обґрунтувати прийняті припущення.

4. Під час розробки математичної моделі автор використовує марковський підхід для опису переходів між станами руху транспортного засобу. Разом з тим для міських маршрутів значна частина режимів руху визначається наперед відомими умовами експлуатації (маршрутом, розташуванням зупинок, світлофорними об'єктами, профілем дороги тощо). Тому доцільно було б навести додаткове обґрунтування переваг обраного підходу порівняно з іншими методами моделювання.

5. Експериментальні дослідження виконані на одному типі транспортного засобу категорії M_3 класу I, тому доцільно було б навести додаткове

обґрунтування можливості узагальнення отриманих результатів на транспортні засоби інших моделей та виробників.

6. У роботі наведено результати експериментальної перевірки запропонованих математичних моделей. В той же час недостатньо розглянуто вплив окремих експлуатаційних факторів, зокрема рівня завантаження транспортного засобу, температури навколишнього середовища та режимів роботи допоміжних систем, на зміну показників енергоспоживання. Детальніше дослідження впливу зазначених факторів дозволило б повніше оцінити точність запропонованих математичних моделей у різних умовах експлуатації.

7. Запропоновано метод оцінювання енергоефективності із застосуванням випробувального циклу «трикутник», однак доцільно було б ширше обґрунтувати його переваги порівняно з іншими розглянутими випробувальними циклами як за простотою реалізації, так і за точністю оцінювання енергоефективності.

8. Запропонований метод оцінювання енергоефективності орієнтований на транспортні засоби категорії M_3 класу I, проте в роботі практично не розглянуто можливість його адаптації до транспортних засобів інших категорій або класів для розширення сфери практичного застосування результатів дослідження.

9. У запропонованому методі оцінювання енергоефективності за основний критерій прийнято питому витрату енергоносія. Варто було б більш детально обґрунтувати вибір саме цього показника та його достатність для оцінювання енергоефективності транспортного засобу, а також розглянути можливість використання інших показників, які враховують транспортну роботу, пасажиромісткість та умови експлуатації.

10. У роботі недостатньо висвітлено можливості практичного використання запропонованого методу підприємствами міського пасажирського транспорту. Зокрема, доцільно було б конкретизувати особливості його застосування при виборі рухомого складу, нормуванні витрат електроенергії та контролі енергоефективності під час експлуатації.

Наведені зауваження та дискусійні положення мають рекомендаційний характер, не знижують наукової цінності дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України

На основі проведеного аналізу вважаю, що дисертаційна робота Будниченка Ігора Валерійовича на тему «Удосконалення методу оцінювання енергоефективності транспортного засобу категорії М₃ класу і з електричною тяговою установкою» відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі внесеними змінами від 31.05.2019 р.) щодо оформлення і змісту.

За актуальністю теми, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю основних положень та практичним значенням одержаних результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 6–9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Дисертація є завершеною науковою працею, у якій теоретичні та експериментальні дослідження виконано на високому науковому і технічному рівні. Вважаю, що Будниченко Ігор Валерійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт».

Рецензент,

професор кафедри інженерії машин
транспортного будівництва

Національного транспортного університету,

кандидат технічних наук, професор



Сергій КОВБАСЕНКО

