

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Диких Олександра Вікторовича

на тему «Поліпшення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70»,
поданої на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

Оцінка обґрунтованості обраної теми дослідження.

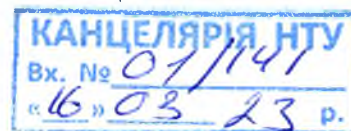
В сучасних умовах безпека та обороноздатність набувають особливого значення. У питаннях забезпечення оборони автомобільний транспорт вирішує усі завдання, пов'язані з доставкою особового складу та технічного забезпечення як до місць постійної дислокації, так і безпосередньо використовується під час виконання бойових завдань. Броньована автомобільна техніка, до якої відносяться і бронетранспортери (БТР), є одним з найбільш ефективних технічних рішень для безпечного переміщення особового складу військ у місцях бойових дій.

Основними властивостями автомобільної техніки, у тому числі, і спеціальної, до якої можна віднести БТР, є тягово-швидкісні, гальмівні властивості, прохідність, надійність, паливна економічність, екологічність тощо. Забезпечення всіх властивостей на високому рівні є складною задачею, вирішення якої передбачає всебічні наукові дослідження з пошуку методів узгодження різних властивостей, які потім реалізуються у інженерно-технічні методи розрахунку.

Задачі поліпшення властивостей автомобільної техніки можливо вирішувати різними шляхами, які передбачають як створення нових прогресивних зразків техніки, які відповідають новим встановленим вимогам щодо всіх властивостей, так і модернізацію існуючої техніки, направлену на поліпшення показників окремих властивостей без погіршення за можливості показників решти властивостей.

Таким чином, встановлена автором в результаті аналізу показників існуючих БТР необхідність поліпшення їхніх тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності та обраний шлях такого поліпшення, зокрема, модернізацією існуючої техніки, безумовно є актуальними.

Актуальність обраної автором теми підтверджується також достатньою кореляцією та безпосереднім виконанням досліджень в рамках даної роботи з наступними науково-дослідними дослідно-конструкторськими роботами: «Дослідження механіки та енергетики автомобілів і автопоїздів», № державної реєстрації 0104U003346, що виконана кафедрою «Автомобілі» Національного



транспортного університету, «Проведення модернізації бронетранспортерів БТР-60, 70 та виготовлення дослідного зразка для підрозділів МВС України», № державної реєстрації 0115U000113, «Розробка програми та методик проведення визначальних відомчих випробувань БТР-60-НШ на базі БТР-60Т», № державної реєстрації 0120U101329, «Розробка програми та методик проведення визначальних відомчих випробувань БТР-60-К на базі БТР-60Т», № державної реєстрації 0120U101328, «Розробка програми та методик проведення визначальних відомчих випробувань модернізованого БТР-60», № державної реєстрації 0119U100473, що виконувались відділом спеціального транспорту науково-дослідної лабораторії СТФО ДНДІ МВС України.

Оцінка новизни теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Новизна представлених результатів досліджень полягає у вирішенні актуального науково-практичного завдання поліпшення тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності під час модернізації спеціального автомобіля БТР-70 із застосуванням методів математичного моделювання та експериментальних випробувань.

Основні наукові результати полягають у наступному:

1. Встановлено вплив параметрів енергетичної установки, обладнаної двома двигунами внутрішнього згоряння, та параметрів ступінчастої трансмісії на показники тягово-швидкісних властивостей та паливну економічність спеціального автомобіля БТР-70.

Цей результат отримано в результаті проведеного автором у розділі 1 дисертації аналізу конструкції автомобіля БТР-70 та існуючих його модифікацій. Зокрема, автором встановлено, що базова модель, отримана у результаті модернізації БТР-60, обладнана енергоустановкою з двома бензиновими карбюраторними двигунами ЗМЗ-4905, механічною ступінчастою трансмісією та чотиривісним повнопривідним шасі. Недоліками базової моделі є низька паливна економічність внаслідок асинхронності роботи двох двигунів. Автор встановив наявні технічні можливості для модернізації базової моделі, зокрема, використання дизелів марок General Motors, IVECO, DEUTZ та Д245.30Е2 з можливими варіантами коробок передач марок Мерседес-Бенц, КраЗ, МАЗ.

У розділі 2 автором виконано теоретичне обґрунтування необхідної потужності енергоустановки для руху із заданими швидкісними показниками у відповідних дорожніх умовах залежно від кількості ведучих коліс. За результатами теоретичного дослідження запропоновано варіант модернізації з використанням енергоустановки з двома дизелями різної номінальної

потужності з подібними зовнішніми швидкісними характеристиками. Досліджено тягово-швидкісні властивості БТР-70 з використанням запропонованого варіанту у порівнянні з базовим та варіантами обладнання двома дизелями однакової потужності із запропонованих у розділі 1. Для проведення теоретичного дослідження автор використав відомі залежності з теорії автомобіля для визначення тягово-швидкісних показників, які автором було уточнено коефіцієнтами апроксимуючої залежності крутного моменту досліджуваних двигунів за зовнішньою швидкісною характеристикою. В результаті цього дослідження автор підтвердив гіпотезу про доцільність запропонованого способу поліпшення тягово-швидкісних властивостей БТР-70 з використанням двох дизелів різної потужності, яка сумарно менша за потужність енергоустановок з дизелями однакової потужності, що потенційно дає можливість поліпшити показники паливної економічності.

У розділі 3 автор виконав теоретичне дослідження показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності БТР-70 залежно від передаточних чисел коробки передач для варіантів енергоустановки з двома дизелями Д245.30Е2 та двома дизелями DEUTZ різної потужності. Наведено методику теоретичного оцінювання показників паливної економічності автомобіля, яку автор використав для визначення паливних характеристик усталеного руху, контрольної витрати палива, витрати палива при розгоні до 90 км/год та пробігових середніх витрат палива на маршрутах з різними коефіцієнтами дорожнього опору, що відповідають шосейній та ґрунтовій дорозі. Показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності отримано для різних рядів передаточних чисел, запропонованих автором, а також для трьох типів існуючих коробок передач марок Мерседес-Бенц, КраЗ, МАЗ. За результатами дослідження встановлено, що найкраще поєднання показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності забезпечує закон вибору передаточних чисел за геометричною прогресією, якому відповідає ряд передаточних чисел коробки передач Мерседес-Бенц.

Результати експериментальних досліджень БТР-70, обладнаного енергоустановкою з двома дизелями Д245.30Е2, наведені у розділі 4, підтвердили адекватність теоретичних досліджень за показниками максимальної швидкості руху, мінімальної сталої швидкості, середньої швидкості руху шосейною та ґрунтовою дорогою, часу розгону з місця до швидкості 75 км/год, пробігових середніх витрат палива по шосейним та ґрунтовим дорогам та по бездоріжжю, максимального кута підйому.

Результати досліджень впливу параметрів енергетичної установки, обладнаної двома двигунами внутрішнього згоряння, та параметрів ступінчастої трансмісії на показники тягово-швидкісних властивостей та

паливну економічність спеціального автомобіля БТР-70 автором опубліковано у чотирьох публікаціях у фахових виданнях України, одній публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав, представлено на дванадцяти всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

2. Удосконалено методику вибору передаточних чисел трансмісії спеціального автомобіля БТР-70 під час використання енергоустановки, обладнаної двома двигунами різної потужності.

У розділі 1 автор обґрунтовує доцільність удосконалення методики вибору передаточних чисел для їх оптимізації з метою поліпшення тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобілів. Автор пропонує таке узгодження передаточних чисел трансмісії з параметрами енергоустановки, яке забезпечує поліпшення паливної економічності відбувалось без погіршення тягово-швидкісних властивостей. Запропоновано використовувати процедуру оптимізації передаточних чисел на основі багатокритеріальної цільової функції, яка дозволяє визначити за допомогою математичного моделювання оптимальний ряд передаточних чисел, на основі якого підбирається конкретна трансмісія, що забезпечує необхідний рівень тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності.

У розділі 3 автор визначає мінімальне та максимальне передаточні числа трансмісії при використанні варіантів енергоустановок, що забезпечують найліпший рівень тягово-швидкісних властивостей серед досліджених у розділі 2 енергоустановок, тобто, обладнаних двома дизелями DEUTZ різної потужності та двома дизелями Д245.30Е2, та визначає відповідні значення мінімальних та максимальних передаточних відношень коробки передач, роздавальної коробки та передаточне число головної передачі. На основі цих параметрів трансмісії для подальшого теоретичного аналізу визначено сім рядів передаточних чисел за відомими законами їх вибору. Для вибраних рядів передаточних чисел було визначено окремі показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності, які дали можливість автору сформулювати значення багатокритеріальної цільової функції, яка враховує ці показники. За обраним на основі забезпечення екстремального значення цільової функції оптимальним рядом передаточних чисел визначено серед існуючих автомобільних коробок передач найбільш відповідні, для яких також здійснено теоретичний розрахунок показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля БТР-70.

За результатами дослідження удосконаленої методики вибору передаточних чисел трансмісії спеціального автомобіля БТР-70 під час використання енергоустановки, обладнаної двома двигунами різної потужності автором опубліковано наукові праці у двох публікаціях у фахових виданнях

України, одну наукову працю у наукових періодичних виданнях іноземних держав, представлено доповіді на семи всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

3. Розвинуто питання порівняльної оцінки показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля під час оптимізації параметрів енергоустановки та трансмісії за відносними величинами показників до їхніх кращих еталонних значень.

У розділі 2 автор пропонує оцінювальне порівняння окремих показників тягово-швидкісних властивостей здійснювати за ступенем їхнього наближення до кращого еталонного значення цього показника серед досліджених варіантів енергоустановок. А у розділі 3 пропонується оцінювання окремих показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності здійснювати за ступенем наближення до еталонного значення, визначеного для досліджених варіантів трансмісій. З цією метою автором введено відносні показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності, значення яких представлено у результатах дослідження.

Таким чином, завдання оптимізації параметрів енергоустановки та трансмісії з метою поліпшення показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності різних порядків зводиться до максимізації відносних показників цих властивостей одного порядку. Це дає можливість проводити оптимізацію вказаних параметрів на основі узагальнених показників автомобіля за допомогою цільової функції.

Результати порівняльної оцінки показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля під час оптимізації параметрів енергоустановки та трансмісії за відносними величинами показників автором опубліковано у двох публікаціях у фахових виданнях України, представлено на трьох всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

Висновки дисертаційного дослідження повною мірою відбивають та узагальнюють отримані наукові результати, конкретизують наукову новизну роботи та містять практичні рекомендації до застосування отриманих результатів у практиці модернізації енергетичної установки та трансмісії колісних бронетранспортерів.

Оцінка наукової обґрунтованості теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Отримані в роботі теоретичні та експериментальні результати досліджень в достатній мірі науково обґрунтовані. Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів підтверджена коректним застосуванням сучасних методів математичного моделювання та експериментальних досліджень,

коректними припущеннями та достатнім рівнем узгодженості результатів досліджень за допомогою математичної моделі з результатами експериментальних досліджень та аналогічних досліджень, отриманих іншими авторами.

Оцінка рівня виконання поставленого наукового завдання.

Метою дослідження був вибір типу та складу силової установки і передаточних відношень коробки передач, за яких забезпечуються кращі показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70.

В результаті виконання дослідження здобувачем було визначено конкретні моделі двигунів у складі енергетичної установки та коробки передач трансмісії спеціального автомобіля БТР-70, які за результатами теоретичних досліджень, адекватність яких підтверджена порівнянням з результатами експериментальних досліджень окремих показників, дозволяють поліпшити показники тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності, зокрема, зменшити час та шлях розгону до максимальної швидкості, у тому числі, на останній та передостанній передачах, збільшити середню та максимальну швидкість та максимальне прискорення під час розгону, знизити мінімальну стійку швидкість руху, збільшити величину максимального підйому дороги, усталену швидкість на затяжному підйомі та довжину підйому, що долається динамічно, знизити контрольну витрату палива, витрату палива при розгоні до максимальної швидкості та пробігову середню витрату палива на маршрутах з різними коефіцієнтами дорожнього опору, що відповідають шосейній та ґрунтовій дорогам. Таким чином, поставлене наукове завдання виконане на достатньому рівні.

Оцінка рівня оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Для досягнення поставленої мети дослідження здобувачем було визначено наступні завдання:

- вибрати та обґрунтувати показники для оцінки тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70;
- вибрати та обґрунтувати тип та склад силової установки при модернізації БТР-70, за якої забезпечуються кращі показники тягово-швидкісних властивостей;
- визначити передаточні відношення коробки передач за обраної силової установки, за яких забезпечуються кращі показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70;

– розробити методику проведення експериментальних досліджень для перевірки адекватності математичних моделей щодо визначення показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70;

– розробити практичні рекомендації щодо поліпшення показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70.

Поставлені завдання відповідають логічній послідовності та рівню постановки наукових завдань, яка застосовується у практиці наукової діяльності та відповідає загальносвітовим підходам до такої діяльності.

Перше завдання визначає показники для оцінки, які виконують роль критеріїв оцінювання властивостей об'єкта.

Друге та третє завдання визначають можливі варіанти рішення для досягнення цілей дослідження, що оцінюється встановленими критеріями.

Четверте завдання дозволяє перевірити практичну відповідність запропонованих варіантів рішень встановленим критеріям оцінювання властивостей об'єкта.

П'яте завдання визначає підсумковий результат наукового дослідження, який рекомендується для практичної реалізації.

Під час виконання дослідження автором застосовано методи математичного моделювання, аналітичного та графічного аналізу, системного аналізу, апроксимації, інтерполяції, синтезу, узагальнення, оптимізації, порівняння, теорії імовірності та математичної статистики, теорії автомобіля, багатокритеріального оцінювання, експертних оцінок, експериментальних досліджень, оцінювання похибок вимірювань.

Таким чином, можна стверджувати, що здобувач оволодів методологією наукової діяльності на достатньому рівні.

Оцінка значення отриманих результатів для теорії і практики.

Практична цінність роботи полягає у розроблених методиках:

- методика вибору параметрів енергетичної установки під час модернізації БТР-70, зокрема параметрів двигунів, за яких забезпечуються необхідні показники тягово-швидкісних властивостей;

- методика вибору коробки передач із існуючого ряду або вибору передаточних чисел коробки передач при її виготовленні, за яких забезпечуються кращі показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності під час модернізації БТР-70.

Результати досліджень прийняті до використання:

- відділом оцінки відповідності переобладнання транспортних засобів та їхніх складових частин ДП «ДержавтотрансНДІпроект» під час розробки

нормативної документації та висновків науково-технічної експертизи щодо поліпшення показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності спеціальної колісної техніки як військового, так і цивільного призначення;

- відділом спеціального транспорту Державного науково-дослідного інституту МВС України під час розробки технічних завдань на модернізацію чи переобладнання колісних бронетранспортерів та розробки програм та методики проведення їх випробувань;

- управлінням озброєння та техніки Головного управління Національної гвардії України під час модернізації та переобладнання колісних бронетранспортерів та при проведенні їх випробувань;

- управлінням сертифікації, стандартизації та якості Науково-виробничого об'єднання «ПРАКТИКА» під час розробки, модернізації та переобладнання колісних бронетранспортерів.

Результати роботи впроваджено у освітній процес:

- Національної академії Національної гвардії України під час викладання дисциплін «Будова бронетанкової техніки та водіння бойових машин», «Автомобільна техніка»;

- Національного транспортного університету під час викладання дисциплін: «Автомобілі», «Експлуатаційні властивості автомобілів і тракторів», «Прикладна теорія руху автопоїзда».

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Оцінюючи зміст представленої до захисту дисертаційної роботи Диких Олександра Вікторовича, новизну представлених теоретичних та експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень, їхню наукову обґрунтованість, рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності є потреба зробити окремі зауваження та звернути увагу на дискусійні наукові положення дисертаційної роботи, що можуть бути предметом дискусії під час захисту, а саме:

1. У вступі є посилання на роботи здобувача, виконані у співавторстві, однак за вказаними номерами посилань ці публікації відсутні у списку використаних джерел.

2. Серед науково-дослідних робіт, з якими пов'язане виконання дисертаційного дослідження, є НДР «Дослідження механіки та енергетики автомобілів і автопоїздів» № 0104U003346, яка закінчилась у 2005 році та НДР «Розробка програми та методик проведення визначальних відомчих випробувань БТР-60-НШ на базі БТР-60Т» №0115U000113, яка закінчилась у

2015 році. Перші публікації автора з'явилися у 2020 році. Наскільки доцільним є зв'язок цих НДР з дисертацією?

3. По тексту дисертації зустрічаються неточності у показниках (тиск в шинах 0,25 мПа (міліпаскалів), с. 33; час розгону 42 с у табл. 4.5, тощо) та посиланнях (відсутність посилань на [28], [35] та інші, недоступне [5], повтори [26], [56] тощо), повтори тексту (на с. 42 та 51 тощо). Ці недоліки ускладнюють розуміння результатів виконаних досліджень.

4. У поясненні до формули (2.6) наведено «значення коефіцієнта опору повітря $k_{\text{п}} = 0,65 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ », хоча мова йде про коефіцієнт обтічності, а не коефіцієнт опору повітря.

5. У формулах (2.7) та (2.8), за якими автор визначає ККД трансмісії, не враховується ККД підшипників, які очевидно присутні у механічних трансмісіях.

6. Для визначення апроксимуючих коефіцієнтів для залежності крутного моменту двигуна за формулою (2.16) необхідне значення мінімальної кутової швидкості та крутного моменту за цієї кутової швидкості за зовнішньою швидкісною характеристикою двигуна. Незрозуміло, звідки автор бере ці дані, оскільки у таблиці 2.1 вони не вказані.

7. Не зовсім зрозуміло, як автор робить висновок що енергоустановка з двигунами DEUTZ TCD 2013 L4 4V + D 914L3 є кращою за тягово-швидкісними властивостями. Адже значна частина варіантів в таблиці 2.6 має відносний рівень 1,0 для інших двигунів.

8. У розділі 3 (с. 101-103) автор визначає коефіцієнти полінома годинної витрати палива від кутової швидкості колінчастого валу двигуна за зовнішньою швидкісною характеристикою, які потім переводить для визначення секундної витрати палива залежно від швидкості автомобіля при розгоні. При цьому, описана методика визначення коефіцієнтів полінома не дозволяє адекватно їх визначити, самі ж значення коефіцієнтів не приведено.

9. У частині перевірки адекватності математичної моделі автор вказує формулу для розрахунку витрати палива в усталеному русі. При цьому, показники, які він отримав під час випробувань та з якими здійснюється порівняння модельованих показників, є пробіговими середніми витратами палива.

Наведені зауваження по роботі в цілому носять рекомендаційний характер та не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати дослідження, які апробовані та впроваджені.

Висновки.

На підставі викладеного вважаю, що дисертаційна робота Диких Олександра Вікторовича на тему «Поліпшення тягово-швидкісних

властивостей і паливної економічності при модернізації БТР-70» є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову-практичну задачу підвищення показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності під час модернізації автомобіля БТР-70.

За змістом та якістю методології теоретичних та експериментальних досліджень і отриманих результатів дисертаційна робота відповідає рівню дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та науково-дослідній програмі дисертаційних досліджень освітньо-наукової програми «Автомобільні транспортні засоби» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» у Національному транспортному університеті.

Дисертація відповідає «Вимогам до оформлення дисертацій» затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017р. (zareestrovanim в Міністерстві юстиції України 03 лютого 2017 р. за № 155/30023).

Зважаючи на актуальність вирішених завдань, отриманих наукових результатів, теоретично обґрунтованих принципових наукових положень, використаних сучасних методів наукових досліджень та підтвердженої значимості, дисертаційна робота та представлені до розгляду публікації, задовольняють вимогам п.п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022), а їх автор, Диких Олександр Вікторович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт».

Рецензент,

доцент кафедри двигунів і теплотехніки
Національного транспортного університету,
кандидат технічних наук, доцент

Микола ЦЮМАН

