

## ВІДГУК

офіційного опонента

Подригало Михайла Абовича

на дисертаційну роботу Карпова Вадима Олеговича

«Підвищення рухливості легкоброньованих гусеничних машин шляхом застосування розподіленого електричного приводу»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 255 – озброєння та військова техніка

### **Актуальність теми**

Робота над тематикою, що стосується модернізації та покращення військової техніки, завжди є доцільною та актуальною, оскільки людству та, зокрема, цивілізованим демократичним країнам необхідні гарантії безпеки, що, нажаль, дуже часто можна забезпечити тільки озброєнням.

Для військової техніки поняття «рухливості» є одним з аспектів такої основної тактико-технічної характеристики бронетехніки як «захищеність» і реалізується воно шляхом покращення показників живучість, прохідність, динамічність, автономність. Покращення цих параметрів пропонується реалізувати застосуванням декількох тягових електромоторів на борт гусеничної машини, підбором раціональних передатних чисел редукторів та їх алгоритмом перемикування. В свою чергу, використання електродвигунів в транспортних засобах забезпечує також безшумність, економічність, спрощення компонування, екологічність тощо. Таким чином, відповідно до вищезазначеного, тематика роботи, яка пов'язана з дослідженням електромеханічної трансмісії військових гусеничних машин, є своєчасною і актуальною.

Тема пов'язана з виконанням:

- планів наукових досліджень кафедри інформаційних технологій і систем колісних та гусеничних машин ім. О.О. Морозова;
- договору «про співробітництво між Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут» і Державним підприємством «Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова» від 29.11.2021 р.

## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Карпова В.О., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні математичного апарату, методів математичного та імітаційного моделювання та експериментально отриманих даних.

Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання. Результати перевірені шляхом проведення практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів математичних досліджень підтверджується кореляцією з результатами відповідних експериментальних досліджень.

### **До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

- вперше запропоновано алгоритм визначення необхідної для заданої динамічності наставної потужності тягових електродвигунів, який враховує алгоритм перемикання передач;
- отримала розвиток методика розрахунково експериментального отримання параметрів матеріалу або виробу за рахунок паралельного до фізичного експерименту використання верифікованої математичної моделі, що описує більш простий фізичний експеримент, і в яку входить необхідний для визначення параметр;
- вдосконалено математичну модель гусеничного обводу, у яку додано можливість використання розподіленої електромеханічної трансмісії з установленням декількох ведучих коліс на борт, включаючи мотор котки з гребневим зачепленням, що створило підґрунтя для моделювання розподіленого електроприводу в гусеничних машинах.

## **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання:**

- розроблено рекомендації щодо визначення наставної потужності тягових електродвигунів залежно від маси машини, потрібного динамічного фактору, прийнятої кількості ступенів механічних редукторів і алгоритму їх перемикання;
- запропоновано новий спосіб визначення коефіцієнту демпфування пневматичних коліс та коліс із гумовим бандажем шляхом комбінації фізичного експерименту і математичного моделювання;
- розробленою математичною моделлю гусеничного обводу з розподіленою електромеханічною трансмісією створено програмний комплекс, який дає можливість досліджувати роботу гусеничного рушія з декількома ведучими колесами на борт, включаючи мотор-котки з гребневим зачепленням.

## **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Результати досліджень опубліковані у 10 роботах, серед яких: 3 статі, які входять у міжнародні наукометричні бази Scopus та Web of Science, 2 статі у наукових фахових виданнях України, 5 тезисів у матеріалах міжнародних конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

## **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Карпова В.О. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, та додатків.

У вступі визначено та обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зазначена наукова та практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження,

описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

В першому розділі проведено огляд існуючих робіт та об'єктів, пов'язаних з використанням електричних або електромеханічних трансмісій в гусеничних машинах, проаналізовано напрацювання в цьому напрямку та підтверджена актуальність обраної теми дисертації.

У другому розділі описано підхід до визначення необхідної наставної потужності тягових електромоторів для гусеничних машин різної маси залежно від типу встановлених редукторів та умов руху. Зазначено алгоритм розрахунку мінімально необхідної механічної потужності електродвигунів та генератора для гусеничних машин.

В третьому розділі представлена математична модель гусеничного рушія з розподіленим електромеханічним приводом, яка включає в себе можливість перевірки роботи гусеничного обводу з двома ведучими колесами на борт, а також з мотор-котками з гребневим зачепленням.

Четвертий розділ присвячено описанню експериментів з визначення деяких необхідних для математичного моделювання параметрів, таких як коефіцієнт тертя в гусеничному шарнірі, залежність подовження шарніру траків від навантаження, визначення сили пружності опорного котка. Крім того, описано новий підхід до визначення коефіцієнта демпфування опорного котка з гумовим бандажем, який включає в себе використання паралельно до фізичного експерименту верифікованої математичної моделі.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 105 найменувань досить повний і включає як вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та досить повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

#### **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

**По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. Огляд існуючих напрацювань стосовно електричних та електромеханічних трансмісій включає в себе далеко не повний перелік робіт, пов'язаних з цією темою.

2. В якості вихідних даних для методології визначення наставної потужності були взяті значення максимальних та середніх швидкостей руху, а також кутів підйому, притаманних військовим гусеничним машинам з класичною механічною трансмісією та двигуном внутрішнього згоряння. При цьому залишилось незрозумілим, наскільки були покращені або погіршені параметри динамічності машини з електромеханічною трансмісією.

3. Залишилася незрозумілою конструктивна можливість встановлення шипів в штатні опорні котки запропонованої машини задля забезпечення гребеневого зачеплення між котком та траком по причині відсутності жодного з розмірів.

4. В роботі запропоновано декілька видів редукторів, які відрізняються передатним відношенням та алгоритмом перемикавання, але немає конструктивних показників механізмів. Залишається незрозумілим можливість встановлення електромоторів з редукторами в габаритних розмірах ведучого колеса та опорних котків. Також невідомими є габаритні розміри і, відповідно, маса редукторів, які в роботі пропонується встановлювати в невідресорену частину.

5. В роботі немає жодної згадки про можливість виникнення резонансу при коливаннях, що викликаються гусеничним обводом, і який впливатиме на роботу електромоторів.

6. В п.п. 4.1.2, де описане експериментальне визначення коефіцієнта демпфування шини опорного котку, при порівнянні результатів натурного експерименту з результатами моделювання похибка по плямам контакту складає 14% у зв'язку з використанням пласкої математичної моделі. В цьому випадку доцільно доповнити математичну модель, щоб врахувати об'ємну форму опорного колеса.

7. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Карпова Вадима Олеговича «Підвищення рухливості легкоброньованих гусеничних машин шляхом застосування розподіленого електричного приводу» за своїм змістом відповідає спеціальності 255 – Озброєння та військова техніка. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує науково-практичну задачу із застосування розподіленого електричного приводу в гусеничних машинах, пропонує методологію визначення моделі та необхідної кількості електромоторів для легкоброньованих гусеничних машин, типу та способу перемикавання редукторів, а також дозволяє досліджувати в математичній моделі поведінку гусеничного рушія з декількома ведучими колесами на борт.

Подана дисертаційна робота «Підвищення рухливості легкоброньованих гусеничних машин шляхом застосування розподіленого електричного приводу» Карпова В.О. відповідає спеціальності 255 – «Озброєння та військова техніка», відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Карпов Вадим Олегович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 255 – Озброєння та військова техніка.

Офіційний опонент

Доктора технічних наук, професор

*І.М. Іод 3.*

*Михайло ПОДРИГАЛО*

Михайло ПОДРИГАЛО

ДІА ВС  
ЗАСВІДЧУЄ  
СЕКРЕТ

