

ВІДГУК

офіційного опонента Коробка Андрія Івановича
на дисертаційну роботу Ткачова Вячеслава Юрійовича
«Вплив конструктивних параметрів колісних електротракторів на
формування їх тягово-енергетичних показників», подану на здобуття
наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Актуальність теми «Вплив конструктивних параметрів колісних електротракторів на формування їх тягово-енергетичних показників» зумовлена кількома ключовими тенденціями у сільському господарстві, енергетиці та транспортних технологіях. Зокрема, актуальність теми полягає в тому, що сучасне сільське господарство вимагає підвищення ефективності використання енергетичних засобів та використання екологічно чистих джерел енергії. Тому електротрактори стають перспективною альтернативою традиційним дизельним машинам. Отже, однією з головних умов забезпечення високої ефективності електротракторів є оптимізація їх конструктивних параметрів (розмір коліс, маса, розподіл навантаження, база, кліренс тощо), які суттєво впливають на тягово-енергетичні характеристики. Також, в умовах воєнного та післявоєнного відновлення України, особливо актуальним є розроблення енергоефективної, автономної, низьковитратної техніки, яка може працювати у складних агротехнічних умовах, що сприятиме зменшенню залежності від нафтопродуктів та посиленню енергетичної безпеки держави.

Тому, з огляду на сказане, дослідження впливу конструктивних параметрів колісних електротракторів на формування їх тягово-енергетичних показників є важливим як з наукової, так і з практичної точок зору. Воно сприяє створенню ефективних, надійних та екологічних сільськогосподарських машин. А дисертаційне дослідження Ткачова Вячеслава Юрійовича саме і є спрямованим на вирішення означених наукових задач.

На основі зазначеного вважаю, що тема дисертації та наукові завдання, що сформульовані і вирішені в дисертаційній роботі є актуальними.

2. Метою дисертаційного дослідження є підвищення продуктивності та ефективності малопотужного електричного трактора з колісною формулою 4К2 при виконанні тягових та тягово-приводних сільськогосподарських операцій шляхом використання оптимізації тягово-енергетичних показників електротрактора.

Вирішені наступні задачі для досягнення поставленої мети:

- здійснено аналіз технологій та принципів будови тракторів сільськогосподарського призначення, які працюють на електричній тязі;
- сформовано математичну модель малопотужного сільськогосподарського електротрактора з колісною формулою 4К2 для визначення тягово-енергетичних показників з урахуванням роботи силової установки та взаємодії тракторних шин з ґрунтовим середовищем, а також

врахуванням впливу розподілу ваги на вісі;

– виконано імітаційне моделювання роботи малопотужного сільськогосподарського електротрактора при виконанні тягових та тягово-приводних сільськогосподарських операцій за експериментальними випробувальними циклами DLG-PowerMix;

– здійснено оптимізацію тягово-енергетичних показників малопотужного електротрактора з колісною формулою 4К2 із забезпеченням максимальних значень продуктивності та ефективності машино-тракторного агрегату при виконанні циклів DLG-PowerMix.

3. Об'єкт дослідження – процес розподілу загальної ваги та взаємодії тракторних шин малопотужного електротрактора з ґрунтовим середовищем при реалізації тягових та тягово-приводних операцій.

4. Предмет дослідження – вплив змінного навантаження на вісі електротрактора з колісною формулою 4К2 та сільськогосподарських тракторних шин на тягово-енергетичні показники.

5. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечені удосконаленням теоретичних засад та установленням закономірностей між конструктивними параметрами та тягово-енергетичними показниками малопотужного електричного трактора з колісною формулою 4К2 при виконанні ним тягових сільськогосподарських операцій, що забезпечує підвищення продуктивності та ефективності машино-тракторного агрегату.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Ткачова В. Ю., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні методів порівнянь та аналогій, диференційного та інтегрального числення, методи імітаційного моделювання, теорії оптимізації та на використанні методики динамічних випробувань DLG-PowerMix.

Дисертаційна робота має практичне значення, оскільки надано рекомендацій щодо розподілу загальної ваги та внутрішнього тиску в сільськогосподарських шинах для малопотужних колісних електротракторів з колісною формулою 4К2; сформовано підхід, який може використовуватися підприємствами при аналізі схемної будови електричного малопотужного трактора із врахуванням виконання тягових сільськогосподарських операцій.

Результати досліджень викладено у висновках до кожного розділу, а також у п'яти загальних висновках.

Висновок перший інформує про обґрунтовану необхідність впровадження електричного приводу тракторів замість двигуна внутрішнього згорання зі збереженням серійної трансмісії. Також зазначено, що наразі існує протиріччя у впровадженні електричного приводу замість двигуна внутрішнього згорання на малопотужні трактори, адже враховуючи універсальність цих тракторів,

забезпечення підвищення тягово-енергетичних показників викликає сумніви. Зауважень немає.

Висновок другий інформує про розроблену математичну модель малопотужного сільськогосподарського електротрактора з колісною формулою 4К2, яка дає змогу визначати основні тягово-енергетичні показники (швидкість руху, ККД електротрактора, буксування коліс) на етапах виконання тягових та тягово-приводних операцій. Наведено її можливості та переваги. Висновок вагомий. Зауважень немає.

Висновок третій інформує про результати імітаційного моделювання роботи малопотужного сільськогосподарського електротрактора при виконанні випробувальних циклів DLG-PowerMix. Наведено конкретні значення ефективності силової установки.

Зауваження: висновок лише перераховує числові значення коефіцієнту корисної дії (ККД), але не дає аналізу або інтерпретації, чому, наприклад, мультчування має найвищий ККД (0,78), а фрезерування та оранка – нижчі (0,66–0,67). Також висновок не формулює результатів у прикладному контексті. Тобто, що дає цей ККД на практиці? Чи достатній він для реального використання електротрактора? Які рекомендації можна зробити виробникам або аграріям?

Висновок четвертий стосується результатів реалізації багатокритеріальної оптимізації тягово-енергетичних показників малопотужного сільськогосподарського електротрактора з колісною формулою 4К2. Визначено максимальні результати продуктивності та ефективності при виконанні циклів DLG-PowerMix, які досягаються при виконанні різних технологічних операцій.

Зауваження: висновок перевантажений переліком без структурування. Тобто, перелік циклів (Z1P, Z2P тощо) зроблено у вигляді «суцільного потоку». Це ускладнює сприйняття, особливо якщо читач не знайомий із системою DLG-PowerMix.

Висновок п'ятий стосується практичного застосування результатів дослідження – тобто, що розроблені моделі, методи та отримані дані можуть бути корисними під час проектування або модернізації малопотужних колісних електротракторів з формулою 4К2. Основна ідея – рекомендований розподіл ваги між передньою та задньою вісями ($G_{k1}=27\%$ – передня, $G_{k2}=73\%$ – задня), який є оптимальним для виконання тягових і тягово-привідних робіт.

Зауваження: у висновку не пояснюється, чому саме такий розподіл ваги (27 % / 73 %) є оптимальним. Читачу важко зрозуміти, яку користь це дає, наприклад: покращення зчеплення, зниження буксування, кращий розподіл навантаження тощо.

Загальна оцінка розділу «Висновки» – висновки достовірні, вагомі, мають теоретичну і практичну спрямованість, повністю відповідають завданням дослідженням, відображають наукову новизну та охоплюють усі змістовні розділи дисертаційної роботи.

6. Наукова новизна полягає в удосконаленні теоретичних засад та установленні закономірності між конструктивними параметрами та тягово-

енергетичними показниками малопотужного електричного трактора з колісною формулою 4К2 при виконанні тягових сільськогосподарських операцій, що забезпечує підвищення продуктивності та ефективності машино-тракторного агрегату.

При цьому, в дисертаційній роботі вперше:

- розроблено метод формування балансу потужності сільськогосподарського електротрактора, який на відміну від існуючих враховує механічний ККД електричного мотора, ККД акумуляторної батареї та ККД інвертора при виконанні тягових та тягово-привідних робіт, що дає можливість враховувати енергетичні втрати силової установки;

- визначено закономірності між ефективністю електричного двигуна синхронного типу з постійними магнітами, як силової установки трактора, та режимами навантаження машино-тракторного агрегату при реалізації випробувальних циклів DLG-PowerMix, що дає змогу встановити межі зміни ККД силової установки електротрактора при виконанні тягових та тягово-привідних робіт.

Удосконалено: метод визначення оптимального навантаження на вісі електротрактора з колісною формулою 4К2 при реалізації випробувальних циклів DLG-PowerMix, яка відрізняється від існуючих застосуванням багатокритеріальної оптимізації показників продуктивності і ефективності, що надає можливість підвищити тягово-енергетичні показники порівняно з серійною моделлю.

7. Теоретичну основу дослідження складають наступні положення:

- математичне моделювання тягових показників малопотужних сільськогосподарських електричних тракторів;

- імітаційне моделювання роботи складових електричного трактора при виконанні сільськогосподарських технологічних робіт;

- оптимізація конструктивних параметрів електротрактора за імітаційними циклами DLG-Powermix.

8. Практичне значення

Наукові й практичні положення дисертаційної роботи використані:

- ПрАТ «Київський радіозавод» «Спеціальне конструкторське бюро» в ході виконання проектно-конструкторських робіт з розробки нових конструкцій колісних машин, а саме:

- Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут» у навчальному процесі підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування».

Практичне використання результатів дослідження підтверджується актами впровадження (додаток Б дисертаційної роботи (с. 141–142).

9. Опублікованість

Дисертація оприлюднена у 14 наукових працях, серед них: 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б, 2 – у закордонних

періодичних виданнях, що включено до наукометричної бази Scopus, квартиль Q4), 7 – у матеріалах апробаційного характеру.

Результати дисертаційної роботи є достатньо повно апробованими та оприлюдненими.

10. Оцінка змісту, завершеності та оформлення дисертації

Дисертація містить вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел інформації та додатки. Робота представлена на 142 сторінках, з них: 60 рисунків за текстом, 10 таблиць за текстом, список використаних джерел зі 109 найменувань на 12 сторінках, 2 додатки на 5 сторінках.

У вступі відображено актуальність, мету і задачі дослідження, а також наукові положення, що виносяться на захист.

У першому розділі розглянуто стан питання та визначено завдання дослідження.

Зауваження: у розділі доволі широко наводяться сучасні тренди розвитку електричних тракторів, вважаю за доцільне було б більш детально присвятити увагу саме конструктивним особливостям таких тракторів, оскільки тема роботи присвячена саме «впливу конструктивних параметрів».

У другому розділі наведено математичне моделювання тягових показників малопотужних сільськогосподарських електричних тракторів. Зокрема, ідентифіковано вхідні дані для моделювання роботи малопотужного сільськогосподарського трактора, сформовано математичну модель для визначення тягових показників колісних тракторів 4K2, визначено вплив ґрунтового середовища на деформацію тракторної шини та сформовано модель визначення загальної ефективності трактора.

Зауваження: з розділу 2 не зрозуміло чи враховано в математичній моделі вплив перерозподілу ваги на колеса трактора при агрегуванні з різними орними сільськогосподарськими знаряддями.

У третьому розділі наведено результати імітаційного моделювання роботи складових електричного трактора при виконанні сільськогосподарських технологічних робіт. Обґрунтовано вибір експериментальних випробувальних циклів DLG-PowerMix для колісних тракторів, зроблено аналіз фізико-геометричних показників шин малопотужного колісного трактора 4K2 та виконано моделювання роботи синхронного двигуна з постійними магнітами як силової установки трактора.

Слід відмітити як позитивне: застосування сучасних методик випробувань підвищує цінність результатів для виробників та аграріїв; проведені автором дослідження є важливими для оптимізації зчеплення, зменшення буксування, підвищення ефективності роботи електротрактора; поєднання у дослідженні механіки, електротехніки, агроінженерії та комп'ютерного моделювання створює міцну основу для практичного впровадження та комерціалізації.

Зауваження до розділу:

– не зрозуміло, виходячи з яких принципів було обрано шини для малопотужного трактора, а саме TR-101 Rosava та PETLAS TA-120;

– відсутність пояснення наслідків – висновки до розділу подані як перелік фактів, але не пояснюється, що вони означають для техніки, виробника, фермера.

Четвертий розділ присвячено питанню оптимізації конструктивних параметрів електротрактора за імітаційними циклами DLG-Powermix. А саме, досліджено вплив розподілу ваги на вісі малопотужного трактора на його тягові показники, визначено вплив величини внутрішнього тиску в шинах в ході тестових циклів DLG-PowerMix, виконано багатокритеріальну оптимізацію тягово-енергетичних показників електротрактора.

Як позитивне, слід відмітити використання багатокритеріальної оптимізації: підбір оптимального розподілу ваги для кожного типу сільськогосподарських робіт – це цінне прикладне рішення, а встановлення оптимальних розподілів навантаження для різних режимів підвищує адаптивність техніки до завдань. Також запропоновано використовувати інтегральний показник як альтернативу нестабільним моментальним значенням, що підвищує точність оцінки ефективності електротракторів у динаміці.

Зауваження до розділу: окремі числа наведено без коментарів: чому саме така зміна, яка користь від зменшення значення показника, як це пов'язано з реальними умовами роботи тощо? Наприклад, у висновках до розділу сказано, що буксування змінилося на 7–12 % (с. 121), але не пояснено, чи це позитивний чи негативний вплив.

У розділі Висновки викладено результати проведених досліджень з акцентуванням уваги на найзначущіших результатах. Висновки викладені у логічній послідовності до структури дослідження.

Зміст дисертаційної роботи відповідає назві дисертації та спеціальності 133 – галузеве машинобудування. Дисертація написана ясною технічною мовою з використанням загальноприйнятої термінології. Дисертація має логічну структуру. В цілому, дисертацію оформлено згідно вимог МОН України. Необхідно зазначити чітко та послідовне викладення матеріалу, володіння предметом дослідження та методикою наукових досліджень.

11. Відповідність анотації змісту дисертаційної роботи

Анотація відповідає змісту дисертаційної роботи.

12. Дотримання принципів академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації, наукових праць здобувача та протоколу контролю оригінальності (перевірки наявності текстових запозичень виконано в системі виявлення запозичень Strike Plagiarism) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертаційна робота відповідає вимогам академічної доброчесності. Усі літературні джерела і запозичення на які є посилання в тексті дисертації належним чином ідентифіковані.

13. Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє вказати на дискусійні питання:

1. За текстом роботи є надмірно складні або обірвані речення, які важко сприймаються навіть фахівцем. Зокрема, на с. 51 фраза «який ґрунтується на фізико-геометричних характеристиках» – фраза неконкретна, варто уточнити, які саме характеристики; на с. 52 – фраза «фізико-геометричні показників» – граматично неправильна; на с. 52 – фраза «На величини яких впливає...» – синтаксична помилка, краще «На ці показники впливають...» тощо.

2. Некоректне або неповне розшифрування формул і змінних, деякі змінні не пояснено або пояснено не повністю. Зокрема,

– с. 44 у розшифруванні позначень формул (2.2) згадується символ ρ_{oi} , а в самій формулі – ρ ;

– с. 45 до формули (2.3) нема розшифрування символів Z_{o1} ; Z_{o2} ;

– с. 45 формула (2.5) не розшифровано a_k , b_k .

– с. 51 у формулі (2.16) є змінна p_{sh} , але розшифрування її відсутнє.

3. С. 48. – з рівняння (2.13), не зрозуміло чому дорівнюють величини жорсткості та коефіцієнту демпфірування приводів заднього моста трактора.

4. Фраза «в також результати» (с. 125) – граматично некоректна. Має бути: «а також результати». Слово «повинне» (с. 125) узгоджується з «розподіл», тобто правильно: «який повинен складати».

5. Вислів «уніфікованим загальним розподілом ваги» (с. 125) звучить складно і нечітко. Варто спростити або пояснити – що мається на увазі під «уніфікованим»: стандартизований? рекомендований? розрахований на основі моделювання? тощо.

6. У висновках до розділів та загальних висновках, здебільшого, наводяться узагальнення без посилання на умови. Наприклад, фраза «встановлено ефективність» (с. 124) є занадто загальною. Не вказано яка саме модель трактора імітувалася, за яких умов проводилось моделювання (ґрунт, рельєф, параметри обладнання), чи є це порівнянням з традиційним дизельним трактором.

7. У математичних моделях розроблених автором не враховано подовжній і поперечний ухили поля на якому працює трактор в реальних умовах. Врахування цих показників дозволило б більш точно визначити досліджувані характеристики.

8. Для «чистоти експерименту» доцільно було б провести експериментальні дослідження в умовах реального поля на конкретному агрофоні, щоб пересвідчитись, чи потрапляють реальні значення показників у інтервали, що отримані моделюванням.

9. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи (стосовно ДСТУ 3008:2015), за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки.

Наведені зауваження та дискусійні положення не знижують загальну наукову та прикладну цінність виконаного дослідження, а також обґрунтованість і достовірність положень дисертації.

14. ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота **Ткачова Вячеслава Юрійовича** «Вплив конструктивних параметрів колісних електротракторів на формування їх тягово-енергетичних показників» є завершеним науковим дослідженням. Актуальність теми дисертаційного дослідження, обґрунтованість, достовірність, наукова новизна положень, висновків, рекомендацій, які сформульовані в дослідженні, практичні впровадження, кількість та якість публікацій відповідають вимогам п. 6, 7, 8 та 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. Дисертація оформлена згідно з вимогами освітньо-наукової програми «Галузеве машинобудування», що реалізується у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» і не суперечить вимогам наказу МОН України від 17.01.2017 р. № 40. Автор дисертації **Ткачов Вячеслав Юрійович** заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування» у галузі знань 13 – «Механічна інженерія».

Рецензент

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри технології машинобудування
та ремонту машин Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету

Андрій КОРОБКО

Діагноза д.т.н. доц.
підписи професорів



12.06.2025р.

підписується

підписи БАТРАКОВА