

ВІДГУК

офіційного опонента Коробка Андрія Івановича
на дисертаційну роботу **Трембача Олексія Сергійовича**
**«Підвищення техніко-експлуатаційних показників колісних тракторів
раціональною зміною параметрів регулювання системи «двигун-
трансмсія»»,** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Актуальність теми «Підвищення техніко-експлуатаційних показників колісних тракторів раціональною зміною параметрів регулювання системи «двигун-трансмсія» зумовлена кількома ключовими тенденціями. Зокрема, наступне. У сучасному сільському господарстві важливо підвищувати енергоефективність техніки. Раціональне налаштування взаємодії двигуна і трансмісії дозволяє зменшити витрати пального, що безпосередньо впливає на собівартість виконуваних робіт. Оптимізація роботи системи «двигун-трансмсія» зменшує знос вузлів і агрегатів, що підвищує ресурс машини і знижує потребу в ремонтах. Умови експлуатації тракторів часто змінюються (тип ґрунту, рельєф, навантаження), тому можливість швидкого регулювання системи забезпечує гнучкість і універсальність машини. Також важливим аспектом є те, що поліпшення динаміки та прохідності трактора дозволяє збільшити обсяги робіт, що будуть виконані за одиницю часу. Слід також відмітити інноваційність підходу, оскільки використання сучасних методів регулювання (електронне керування, адаптивні системи) відповідає вимогам технічного прогресу та інтегрується з концепціями «розумного землеробства» (Smart Farming).

Таким чином, дана тема є надзвичайно актуальною як з наукової, так і з практичної точок зору – вона спрямована на вдосконалення ключових характеристик сільськогосподарських транспортних машин, що є пріоритетом для аграрного сектору. А дисертаційне дослідження Трембача Олексія Сергійовича 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 техніко-експлуатаційних показників колісного трактора з безступінчастою гідрооб'ємно-механічною трансмісією при виконанні операції оранки шляхом раціоналізації схем конструкції та зміни інтенсивності розгінної характеристики трансмісії.

Вирішені наступні задачі для досягнення поставленої мети:

– здійснено аналіз трансмісій сучасних тракторів сільськогосподарського призначення, визначено тенденції щодо автоматизації керування трансмісійною установкою колісних тракторів;

– сформульовано математичну модель колісного трактора з гідрооб'ємно-механічною трансмісією (ГОМТ) з урахуванням рівняння колінчастого валу двигуна внутрішнього згоряння та взаємодією шини з ґрунтом, яка здатна

оцінювати техніко-експлуатаційні показники в ході виконання тягової роботи;

- ідентифіковано вихідні показники для імітації роботи двигуна внутрішнього згорання; гід्रोоб'ємно-механічної трансмісії з уточненням показників об'ємних втрат гідронаосу та гідромотору; характеристик шин, а також виокремлено особливості орної роботи машинно-тракторним агрегатом;
- виконано синтез параметрів безступінчастої ГОМТ-2С із забезпеченням поліпшення техніко-експлуатаційних показників, а також досліджено вплив інтенсивності розгону на показники продуктивності та економічності машинно-тракторного агрегату при оранці.

3. Об'єкт дослідження – процес виходу на технологічну швидкість машинно-тракторного агрегату при виконанні тягової операції оранка.

4. Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів, кінематичних та силових показників гід्रोоб'ємно-механічної трансмісії на динаміку розгону та техніко-експлуатаційні показники машинно-тракторного агрегату.

5. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертації забезпечені удосконаленням теоретичних засад та встановленні закономірностей між конструктивними параметрами та техніко-експлуатаційними показниками колісного трактора з гід्रोоб'ємно-механічною трансмісією при виконанні операції оранка, що забезпечує підвищення продуктивності та ефективності машинно-тракторного агрегату.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Трембача О. С., 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, диференціального та інтегрального числення, чисельного методу Dormand-Prince (ode5), методу оптимізації, а саме симплекс методу.

Дисертаційна робота має практичне значення, оскільки надано рекомендації щодо вибору конструктивних схем безступінчастої трансмісії трактора серії ХТЗ-240К. Сформовано підхід, який може використовуватися підприємствами при аналізі схемної будови безступінчастої гід्रोоб'ємно-механічної трансмісії колісного трактора із урахуванням виконання тягової сільськогосподарської операції – оранка.

Результати досліджень викладено у висновках до кожного розділу, а також у чотирьох загальних висновках.

Висновок перший підсумовує сучасний стан проблематики у сфері тракторобудування, зокрема трансмісійної системи. Акцентує увагу на необхідності оптимального підбору конструктивних параметрів трансмісії для максимального використання потужності двигунів внутрішнього згорання та вказує на прогалину в дослідженнях.

Зауважень немає.

Висновок другий повідомляє про створення математичної моделі, яка описує рух машинно-тракторного агрегату з урахуванням роботи його ключових систем. Наведено склад моделі, та обґрунтовано її мету й практичну цінність. Зазначено, що дана модель дозволяє оцінити техніко-експлуатаційні показники, зокрема під час оранки – однієї з найресурсоємних операцій у сільському господарстві.

Зауваження: висновок не містить інформації щодо застосування моделі. Було б доречно зазначити за яких умов вона забезпечує достовірні результати.

Також не наведено порівняння з існуючими моделями, як ця модель відрізняється або покращує попередні підходи до моделювання машино-тракторних-агрегатів.

Висновок третій. Стосується підготовки й уточнення параметрів математичної моделі роботи колісного трактора з гідрооб'ємно-механічною трансмісією під час орної роботи. Зокрема, інформує про проведені визначення (ідентифікацію) технічних характеристик складових машино-тракторних агрегатів, необхідних для імітаційного моделювання його роботи, уточнення коефіцієнтів об'ємних втрат у гідромашинах. Наведено розрахункові результати зіставлено з експериментальними даними. Підкреслено, що значення похибки є прийнятним рівнем точності для інженерних моделей.

Зауваження: нелінійні залежності не можна повноцінно оптимізувати лінійним програмуванням. Можливо, малося на увазі метод нелінійної оптимізації або квадратичного програмування – це потрібно уточнити. Не зрозуміло які саме показники ідентифікувались, наприклад, момент, об'єм подачі, тиск, об'ємні втрати тощо.

Висновок четвертий є узагальненням результатів дослідження безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ-2С) та її впливу на ефективність машинно-тракторного агрегату. Ключові ідеї: зміна передавальних відношень і конструктивного параметра планетарного механізму дозволяє варіювати кутову швидкість і крутний момент на виході, впровадження редуктора в механічну гілку трансмісії розширює можливості налаштування діапазонів регулювання. Акцентовано увагу на тому, що отримані результати можуть бути використані при проєктуванні і модернізації як сільськогосподарських тракторів, так і спецтехніки з ГОМТ.

Зауваження: висновок громіздкий, стилістична перевантаженість речень, багато складнопідрядних конструкцій і повторів (наприклад, кілька разів зустрічається «встановлено»). Варто було б розділити висновок на декілька частин.

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 встановленні закономірностей між конструктивними параметрами та техніко-

експлуатаційними показниками колісного трактора з гідрооб'ємно-механічною трансмісією при виконанні операції оранки, що забезпечує підвищення продуктивності та ефективності машинно-тракторного агрегату.

При цьому, вперше:

- встановлено вплив синтезованих показників гідрооб'ємно-механічної трансмісії на підвищення техніко-експлуатаційних показників колісного трактора за рахунок збільшення діапазону зміни вихідної кутової швидкості та вихідного крутного моменту;

- встановлено закономірності між інтенсивністю розгінної характеристики гідрооб'ємно-механічної трансмісії та зміною техніко-експлуатаційних показників колісного трактора при виконанні оранки, що дає змогу зменшити до 64,5 % час, що витрачається на розгін машинно-тракторного агрегату, а також підвищити продуктивність на 0,64 % та зменшити витрату палива на 0,8 % за зміну;

Удосконалено:

- метод пошуку значень коефіцієнтів об'ємних втрат в гідрооб'ємній передачі, який відрізняється від існуючих використанням математичної моделі визначення об'ємного коефіцієнту корисної дії та застосуванням методу лінійного програмування з теорії оптимізації, що надає можливість уточнити значення коефіцієнтів об'ємних втрат гідромашин з похибкою до 7,8 %.

7. Теоретичну основу дослідження складають наступні положення:

- динамічні моделі руху колісних тракторів у складі машинно-тракторного агрегату;
- моделі ідентифікації роботи складових машинно-тракторного агрегату;
- синтез параметрів і режимів роботи безступінчастої ГОМТ-2С із забезпеченням поліпшення техніко-експлуатаційних показників.

8. Практичне значення

Наукові й практичні положення дисертаційної роботи використані:

- ТОВ «Житомирський бронетанковий завод» в ході виконання проектно-конструкторських робіт з розробки нових конструкцій колісних машин;
- Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут» у навчальному процесі підготовки здобувачів освіти за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування».

Практичне використання результатів дослідження підтверджується актами впровадження (додаток Б дисертаційної роботи (с. 136–137)).

9. Опублікованість

Дисертація оприлюднена у 11 наукових працях, серед них: 6 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б (з них 2 – у закордонному періодичному фаховому виданні, що включено до наукометричної бази Scopus, кuartиль Q4), 5 – 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 137 сторінках, з них: 63 рисунки за текстом, 8 таблиць за текстом, список використаних джерел з 97 найменувань на 13 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.

Зауважень немає.

У другому розділі наведено формування динамічної моделі руху колісних тракторів у складі машинно-тракторного агрегату. Зокрема, наведено формування загального рівняння руху колінчастого валу двигуна при регулюванні подачею палива, синтезовано математичну модель роботи трансмісії та описано рух машинно-тракторного агрегату, сформовано імітаційні моделі машинно-тракторного агрегату в MATLAB/SimuLink на основі виокремлених основних техніко-експлуатаційних показників.

Зауваження: При виокремленні основних техніко-експлуатаційних показників (підрозділ 2.4) відсутнє обґрунтування важливості обраних показників, не пояснено, чому саме обрані показники є ключовими для оцінки роботи машино-тракторних агрегатів

Третій розділ присвячено всебічному аналізу й параметричній ідентифікації ключових елементів машино-тракторних агрегатів, що є основою для створення імітаційних моделей та оптимізації експлуатаційних характеристик на прикладі колісного трактора типу ХТЗ-240К із гідрооб'ємно-механічною трансмісією.

Зокрема, аналізується витрата пального у різних режимах роботи трактора з метою підвищення ефективності його використання в польових умовах, розглядається методика точнішого визначення енергетичних втрат у гідронасосах і гідромоторах трансмісії для покращення моделювання її роботи, аналізуються зміни характеристик тракторних шин під навантаженням, що впливає на зчеплення з ґрунтом, буксування та загальну продуктивність агрегату, наводиться набір параметрів, необхідних для подальших розрахунків продуктивності при виконанні сільськогосподарських операцій.

Слід відмітити як позитивне: комплексний підхід до аналізу машино-тракторного агрегату (розділ охоплює широкий спектр ключових компонентів машинно-тракторного агрегату – від енергетичної ефективності до роботи шин, що дозволяє глибоко зрозуміти всі складові системи); уточнення параметрів коефіцієнту корисної дії гідромашин (приділяється увага точності математичного моделювання, що особливо важливо для подальшого вдосконалення систем регулювання та діагностики трансмісії); орієнтація на ефективність у польових умовах (оцінка паливної економічності і продуктивності машино-тракторного агрегату свідчить про прагнення адаптувати результати дослідження до реальних умов експлуатації).

Зауваження до розділу: на с. 89-90 багато уваги приділено способам руху трактора під час оранки, детально описано загінки. Проте, в якості об'єкту дослідження вибрано оборотний плуг, і виконання ним технологічного процесу оранки описаними способами завідомо не використовується.

Висновок 5 до розділу 3 (с. 92) констатує і не містить інформації про отримані результати.

Четвертий розділ присвячено синтезу параметрів і режимів роботи безступінчастої гід्रोоб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ-2С) з метою покращення техніко-експлуатаційних показників машинно-тракторного агрегату (зокрема трактора ХТЗ-240К). Слід відмітити такі напрями: синтез параметрів ГОМТ (формується параметри (наприклад, передавальні відношення, характеристики гідромашин) з урахуванням критеріїв продуктивності та енергоефективності); аналіз впливу форми інтенсивності розгону (розглядається, як форма зміни регульовального сигналу (плавна, випукла, лінійна тощо) впливає на прискорення, витрату палива, буксування, коефіцієнт корисної дії); комплексний аналіз різних форм розгінної характеристики (порівнюються техніко-експлуатаційні наслідки застосування різних траєкторій керування гідронасосом при роботі трансмісії). Загалом, розділ спрямовано на оптимізацію налаштувань ГОМТ для підвищення ефективності роботи трактора в динамічних умовах.

Як позитивне, слід відмітити орієнтацію на практичне покращення ефективності машино-тракторних агрегатів, системний підхід до аналізу параметрів (підпункт 4.1 демонструє структурований підхід до синтезу параметрів трансмісії, орієнтований на баланс між продуктивністю та енергоефективністю); глибокий аналіз динаміки розгону (у підпунктах 4.2 і 4.3 розглядається форма інтенсивності розгінної характеристики, що є сучасним та рідко досліджуваним напрямом, особливо в контексті гідрооб'ємних трансмісій); варіативність і порівняння режимів (аналіз кількох форм розгінної характеристики дає змогу виявити оптимальні керуючі впливи, що забезпечують зниження витрати палива, скорочення часу розгону та покращення коефіцієнту корисної дії).

Матеріал може бути безпосередньо використаний у розробці алгоритмів керування або конструктивних вдосконаленнях для сучасних тракторів з безступінчастими трансмісіями, що відповідає тенденціям цифровізації сільськогосподарської техніки.

Зауважень до розділу не має.

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 чітке 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. Більшість рекомендацій у роботі надано для конкретної схеми ГОМТ-2С та трактора ХТЗ-240К. Не зрозуміло, як можливо масштабувати результати на інші моделі або типи трансмісій.

2. Оскільки робота значною мірою ґрунтується на математичному моделюванні, а не на натурних експериментах, не досить чітко простежується на скільки отримані результати будуть відтворювані в реальних умовах.

3. У підрозділі 3.3 наводиться детальна характеристика шин які штатно встановлюються на обраний для дослідження трактор. Причому, наводиться інформація, що указані шини «знижують», «покрощують» тощо, але не сказано у порівнянні з чим це покращення. При моделюванні доцільно було б розглянути альтернативні варіанти шин з метою з'ясувати чи доцільно застосовувати інші шини у комплексі з запропонованими покращеннями трансмісії.

4. У роботі активно використовується метод експертної оцінки, який автор сам визнає суб'єктивним та залежним від кваліфікації експертів (с. 110). Це може впливати на точність висновків. Доцільно було б навести у роботі результати достовірності отриманих експертних оцінок (коефіцієнт варіації, коефіцієнт конкордації тощо).

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 Трембача Олексія Сергійовича «Підвищення техніко-експлуатаційних показників колісних тракторів раціональною зміною параметрів регулювання системи «двигун-трансмісія»» 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 **Трембач Олексій Сергійович** заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування» у галузі знань 13 – «Механічна інженерія».

Офіційний опонент

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

Андрій КОРОБКО

Згідно з м. н. доц. Коробко Андрій Іванович
засвідчую.

Проректор з НТР *Александр*
Механік
08.08.2025 р.

