

Голові Вченої ради
Львівського національного університету ветеринарної
медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького,
д.н. держ.упр., професору Парубчаку І.О.

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу Худавердяна Георгія Ашотовича
**«Обґрунтування параметрів силового приводу універсальних тягово-
транспортних засобів в АПК»**
представленої на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 – «Механічна інженерія»
за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Трансформація аграрного сектору економіки України, де майже половина орних земель перебуває у користуванні фермерських та індивідуальних господарств, формує запит на малогабаритну багатофункціональну техніку. Для таких умов найбільш придатними є універсальні колісні тягово-транспортні засоби (УКТТЗ), що здатні поєднувати властивості вантажного автомобіля підвищеної прохідності та колісного трактора. Використання машин подібного типу дозволяє виконувати широкий спектр завдань – від перевезення вантажів до проведення основних технологічних операцій в полі, що робить їх особливо цінними для дрібних і середніх господарств.

На жаль, в Україні серійне виробництво такої автотехніки поки що відсутнє. Це підкреслює актуальність створення вітчизняних конструкцій та проведення фундаментальних досліджень, зокрема щодо оптимізації параметрів силових приводів таких тягово-транспортних засобів для різних режимів експлуатації.

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

Положення та висновки, що наведені в дисертаційній роботі Худавердяна Георгія Ашотовича, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- вперше опрацьована методика імітаційного комп'ютерного моделювання у програмному середовищі MATLAB Simulink динаміки колісної машини типу «Унімог/Автотрак» на ґрунтових поверхнях, що деформуються, під час виконання технологічних операцій;

- вперше опрацьовано теоретичні основи вибору і розрахунку 2-діапазонної трансмісії УКТТЗ для поєднання виконання технологічного

обробітку ґрунту та транспортних операцій, як в умовах бездоріжжя, так і на автодорогах із твердим покриттям;

- набули подальшого розвитку принципи моделювання взаємодії пневматичної шини з опорною поверхнею, що деформується, на базі емпіричних взаємозв'язків з показником твердості ґрунту – конусним індексом CI та WES-методології;

- набула подальшого розвитку оцінка впливу роботи колісного та причіпного технологічного обладнання на тягово-швидкісні характеристики руху УКТТЗ;

- набули подальшого розвитку наукові засади формування тягового приводу колісних машин – мобільних енергетичних засобів нового типу УКТТЗ для аграрної сфери.

Результати досліджень викладено у висновках до кожного розділу, а також у шести загальних висновках. Висновки достовірні, мають теоретичну і практичну спрямованість, повністю відповідають завданням дослідження, відображають наукову новизну та охоплюють усі змістовні розділи дисертаційної роботи.

3. Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практичне значення очікуваних результатів дослідження полягає у формуванні методик конструктивного синтезу компоновки та вибору характеристик і параметрів тягового приводу УКТТЗ для використання у аграрній сфері.

Результати дослідження реалізовані в дослідно-конструкторських роботах 2021...2025 років у відповідній співпраці з АТ «Укравтобуспром» (м. Львів).

4. Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційного дослідження викладений послідовно та доступно, містить загальноприйнятну та спеціалізовану термінологію відповідно галузевого машинобудування.

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні результати опубліковано у 11 наукових працях, у тому числі 4 статті у виданнях, що включені до переліку фахових виданнях МОН України, 1 стаття у закордонному виданні, 6 тез доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі. Результати дисертаційної роботи є достатньо повно оприлюдненими та апробованими.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 202 найменування.

Повний обсяг роботи становить 161 сторінку. Робота містить 15 таблиць, 71 рисунок, 5 додатків.

У першому розділі розглянуто розвиток конструкцій УКТТЗ, у контексті застосування в аграрному секторі, та еволюцію їх базових характеристик. Підкреслено, що актуальність теми зумовлена тим, що близько половини орних земель України обробляють малі та сімейні господарства (100...500 га), для яких потрібні машини малотоннажного класу з тяговою категорією 0,6...1,4 і вантажопідйомністю 1...2 т.

Проаналізовано сучасні дослідження щодо розрахунку тягових приводів автомобілів і колісних тракторів, особливо при виконанні енергоємних операцій. Відзначено напрацювання вітчизняних і закордонних авторів, зокрема у сфері теорії колісних машин та власне УКТТЗ. Встановлено, що питання параметричного синтезу силових приводів і комп'ютерного моделювання руху УКТТЗ у транспортному та технологічному режимах висвітлені недостатньо. Відмічено, що майже відсутні дослідження взаємодії з деформованою опорною поверхнею. На цій основі визначено мету й завдання дослідження.

У другому розділі узагальнено сфери застосування УКТТЗ – від аграрної та лісової галузей до комунальної, гірничої, енергетичної, рятувальної та військової. Розроблено математичну модель їх руху у двовірному просторі, яка враховує як транспортні, так і технологічні режими, включно з роботою навісного та причіпного обладнання. Передбачено вплив ущільнення ґрунту при проходженні колії та формування опору руху ґрунтообробних знарядь. Для опису взаємодії колеса з деформованою поверхнею використано методику НАТО WES, що забезпечує точнішу оцінку прохідності на основі конусного індексу (CI), визначуваного пенетрометрами. Структуру моделювання динаміки УКТТЗ реалізовано у MATLAB Simulink із застосуванням стандартних бібліотечних блоків.

Третій розділ присвячено методиці визначення базових параметрів силового приводу УКТТЗ, представлений як шестистадійна процедура. Вона охоплює завдання масо-габаритних характеристик машини та умов руху, вибір шин підвищеної прохідності з урахуванням навантаження, швидкості й сили зчеплення на типових ґрунтах, розрахунок сумарного передавального числа трансмісії для забезпечення необхідного тягового зусилля, а також перевірку результатів у MATLAB Simulink з урахуванням пробуксовування шин. Додатково визначаються передавальні числа роздавної та базової коробок передач із врахуванням максимальної швидкості на твердому покритті та характеристик існуючих агрегатів. У результаті наведено конкретні рекомендації щодо вибору шин та передавальних чисел для проекту УКТТЗ ТУР ВТ 04, реалізованого ВАТ «Укравтобуспром».

У четвертому розділі подано результати експериментальних досліджень та перевірку адекватності теоретичних моделей. Описано методику польових випробувань і застосовану апаратуру: для визначення фізико-механічних властивостей ґрунту використано твердомір ЛАН-М PRO з конусним наконечником за стандартами НАТО та фіксацією конусного

індекса (CI) згідно WES-методики; максимальне тягове зусилля вимірювалося динамометром ДПУ-2-2-У2. Швидкість руху, пройдений шлях і пробуксовування коліс реєструвалися комплексом БВК з безконтактним «п'ятим колесом» та додатково GPS-навігатором.

У *п'ятому розділі* оцінено економічну ефективність застосування ТУР ВТ-04 «Автотрак» у сільському господарстві, зокрема його здатність виконувати як технологічні, так і транспортні операції, що дозволяє замінити окремий вантажний автомобіль підвищеної прохідності. Через незавершене виготовлення дослідного зразка, для перевірки адекватності методики імітаційного моделювання використано військові баггі ТУР КВ-02 «Мамай» та трактор Mahindra Feng Shou FS244. Отримані результати підтвердили близьку відповідність розрахункових і експериментальних даних, а відхилення пояснюються варіаціями твердості ґрунту та особливостями стану двигунів. Додаткове зіставлення з попередніми випробуваннями на базі КраЗ-6233 також засвідчило прийнятну точність моделі.

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

Список використаних джерел із 202 найменувань досить повний і включає вітчизняні та закордонні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та в повній мірі розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

7. Академічна доброчесність.

На підставі вивчення тексту дисертації, наукових праць здобувача та протоколу контролю оригінальності 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.

8. Зауваження щодо дисертаційної роботи.

1. Перший розділ містить велику кількість хронологічних описів конкретних моделей (Unimog, Praga, Caron, SAME, Bremach, Multicar, Hansa, Lindner і Reform), зокрема точні роки випуску, модифікації, розміри колісної бази, потужність двигунів та інші технічні характеристики, що суттєво збільшує його об'єм. Зазначений матеріал можна було винести у додатки дисертаційної роботи. Окрім того, відсутні критичне осмислення цих даних, порівняльний аналіз переваг і недоліків моделей, а також висновки щодо тенденцій розвитку конструкцій УКТТЗ.

2. На стор. 55 наведено номограму вибору базових параметрів колісного трактора (рис. 1.29), проте за текстом роботи незрозуміло, на скільки доцільно її використовувати в розрізі УКТТЗ, оскільки певні параметри (колія, експлуатаційна маса тощо) для автомобілів та тракторів ап'іорі не співпадають, а інколи і знаходяться в протиріччі один до одного.

3. На стор. 74 зазначено, що в динамічну модель введено «...додаткові навантаження на зчпний пристрій у вертикальній F_z та горизонтальній F_x

площинах від дії причепа, навісного та причіпного обладнання...». Проте, на рис. 2.1 (стор. 74) зображено тільки причіпний варіант сільськогосподарського знаряддя, який, як відомо, на відміну від навісного, дійсно формує тільки два зазначені ортогональні силові фактори. При розгляді навісного обладнання необхідно враховувати додатковий перерозподіл ваги (особливо в транспортному положенні) та особливість силової картини навісного механізму колісної машини.

4. Викликає сумніви повнота оцінки динаміки машини, враховуючи, що в роботі не розглянуто її рух в горизонтальній площині (загальновідомим є факт відведення агрегату від прямолінійної траєкторії через особливість функціонування лемішного плугу) та кутова динаміка (галопування) в повздовжній площині.

5. На стор. 97 зазначено, що для моделювання оранки, в якості вхідного параметру, обрано опорну поверхню «суглинок середнього зволоження». За текстом не обґрунтовується такий вибір опорної поверхні, хоча усі тягові розрахунки для тракторів, в тому числі і на операції оранки, проводяться для стерні колосових культур.

6. За текстом роботи не згадується питання впливу зовнішніх факторів (наприклад, вологості та стану опорної поверхні) на тягові та швидкісні показники колісної машини, хоча вони є визначальними, на рівні з крутним моментом, для формування дотичної сили тяги коліс.

7. Дослідження тягової динаміки машини, при виконанні технологічного процесу оранки, проводилось з урахуванням здвоювання шин. Зрозуміло, що такий загальновідомий метод збільшення площі контакту рушія з опорною поверхнею призводить до покращення тягових показників. Проте, в роботі прямо не зазначено, чи можна все ж таки використовувати на несучій поверхні зі слабкою несучою здатністю машину з одинарними шинами та її тягові показники за цих умов.

8. В розділі 3 розглядається механічна коробка передач, хоча більшість сучасних тракторів (особливо іноземного виробництва) використовує технології PowerShift. За текстом роботи незрозуміло, чим саме обґрунтовується використання «механіки».

9. Зазвичай, якщо говорити про багатофункціональність колісної машини в АПК, технологічні процеси виробництва продукції рослинництва передбачають використання не тільки ґрунтообробних машин, якими обмежується автор. Окремим питання є використання приводу знаряддя від ВОМ машини, що в роботі взагалі не розглядається.

9. Дискусійні положення

Список використаних джерел дисертаційної роботи має посилання на джерела, які опубліковані на території держав-агресорів.

Відповідно до Рекомендацій Комітету з питань етики щодо припинення (обмеження) використання джерел інформації держави-агресора в наукових публікаціях, затверджених протоколом № 36(46) від 30 листопада 2023 року, Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти рекомендує

науковцям обмежити використання джерел, опублікованих на території держав-агресорів, окупованих територіях або створених державними інституціями цих країн.

Необхідно відмітити, що Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти розглядає ці рекомендації як етичні принципи, які не є обов'язковими до виконання, але вони сприяють науковій об'єктивності та національній безпеці.

10. Загальний висновок

Дисертаційна робота Худавердяна Георгія Ашотовича «Обґрунтування параметрів силового приводу універсальних тягово-транспортних засобів в АПК» 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 в Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького і не суперечить вимогам наказу МОН України від 17 січня 2017 р., №40.

Автор дисертаційної роботи Худавердян Георгій Ашотович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування» у галузі знань 13 – «Механічна інженерія».

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри тракторів і автомобілів
Національного університету біоресурсів і
природокористування України



Євген КАЛІНІН

Т.В. нагальника відг. *Володимира Шаповала*

