

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Лазарука Юрія Володимировича

на тему «Підвищення ефективності універсальних землерийних машин

удосконаленням конструктивних та кінематичних параметрів»,

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Оцінка обґрунтованості обраної теми дослідження.

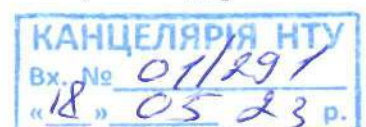
В сучасних умовах ефективність діяльності, спрямованої на забезпечення транспортного, цивільного та промислового будівництва, а також безпеки та обороноздатності набувають особливого значення. У вказаних видах діяльності землерийні машини вирішують усі першочергові завдання, пов'язані з розробкою та переміщенням ґрунту. Універсальні землерийні машини (УЗМ), є одним з найбільш ефективних технічних рішень для відкопування протяжних виїмок різних лінійних розмірів у різних ґрунтових умовах.

Ефективність землерийної машини є узагальненим показником її продуктивності, енергоємності, балансу потужності двигуна, який залежить від великої кількості як конструктивних параметрів машини та її робочого обладнання, так і експлуатаційних факторів, що характеризують зовнішні умови.

Задачі відкопування протяжних виїмок різних лінійних розмірів у різних ґрунтових умовах можливо вирішувати різними шляхами як з переналагодженням робочого обладнання машини, так і з використанням більш досконалих конструктивних схем, які забезпечують вирішення вказаної задачі без переналагодженням робочого обладнання.

Розробка технічних рішень для забезпечення відкопування протяжних виїмок різних лінійних розмірів у різних ґрунтових умовах з використанням універсальних конструктивних схем робочого обладнання землерийної машини, здатних працювати в різних умовах без переналагодження, є складним науково-технічним завданням. Вирішення цього завдання дозволить суттєво поліпшити ефективність універсальних землерийних машин, що є безумовно актуальним.

Актуальність обраної автором теми підтверджується також достатньою кореляцією та безпосереднім виконанням досліджень в рамках даної роботи з наступними науково-дослідними роботами та державними програмами: «Проведення тензометричних випробувань машини ПЗМ-3-01», № державної реєстрації 0117U001719, «Удосконалення експлуатаційних показників дорожніх, землерийних машин та транспортних засобів», № державної



реєстрації 0118U001087, «Поліпшення експлуатаційних показників технологічних машин та транспортних засобів в транспортному будівництві», № державної реєстрації 0121U107519, що виконані кафедрою інженерії машин транспортного будівництва Національного транспортного університету, «Основні напрямки розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період», схвалені розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.06.2017 р. № 398-р.

Оцінка новизни теоретичних та експериментальних результатів досліджень.

Новизна представлених результатів досліджень полягає у вирішенні актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності універсальних землерийних машин удосконаленням конструктивних та кінематичних параметрів із застосуванням методів математичного моделювання та експериментальних досліджень.

Основні наукові результати полягають у наступному:

1. Розроблено алгоритм та механізм переміщення дволанкового, двошарнірного ґрунторозробного робочого органу (РО) УЗМ в забої, що забезпечує розроблення ґрунту стружками рівномірної товщини не залежно від ширини виїмки.

Цей результат отримано в результаті проведеного автором у розділі 1 дисертації аналізу відомих конструкцій УЗМ безперервної дії, з точки зору їх конструктивної досконалості та досконалості кінематики переміщення ґрунторозробного робочого органу. В результаті аналізу автором доведено, що найбільш перспективними за показниками продуктивності та енергоємності розробки ґрунту є універсальні землерийні машини з роторним робочим органом. При цьому, більшість моделей відомих траншейних землерийних машин безперервної дії мають конструкцію робочого обладнання під копання виїмок у ґрунті визначених розмірів, що суттєво обмежує можливості використання таких машин. У якості можливого вирішення завдання розширення можливостей використання універсальних землерийних машин безперервної дії, автор пропонує створення УЗМ, що матиме роторний ківшевий робочий орган, а кінематична схема приводу робочого органу забезпечуватиме його віяло-поступальне переміщення в процесі розробки ґрунту таким чином, щоб розробляти виїмки в ґрунті різної заданої ширини з утворенням стружок рівної товщини незалежно від ширини виїмки та інших параметрів різання ґрунту.

У розділі 2 автором теоретично досліджено переміщення робочого органу землерийної машини з віяло-поступальним рухом в процесі копання ґрунту та

за результатами аналізу встановлено, що для забезпечення розробки ґрунту стружками рівної товщини робочому органу необхідно надати додаткові компенсуючі переміщення залежно від розмірів виїмки та швидкості поперечної та поздовжньої подачі машини. На основі теоретичного дослідження визначено траєкторію переміщення кромки ріжучої частини робочого органу та запропоновано дволанковий механізм з незалежним переміщенням ланок у горизонтальній площині за допомогою управляючих гідроциліндрів і алгоритм такого переміщення, які мають забезпечувати розробку ґрунту стружками рівної товщини.

У розділі 3 автором представлено фізичну модель робочого обладнання УЗМ у масштабі 1:5. Модель обладнана програмованими та вимірювальними пристроями та апаратурою для управління та реєстрації кінематичних та силових параметрів процесу різання модельного ґрунту, які дозволяють здійснити експериментальну апробацію розробленої схеми та алгоритму управління робочим органом машини в процесі різання ґрунту стружками рівної товщини.

Результати досліджень з розробки алгоритму та механізму переміщення робочого органу, який забезпечує розроблення ґрунту стружками рівномірної товщини, автором опубліковано у одній публікації у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, двох публікаціях у фахових виданнях України, представлено на десяти всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях, розробку захищено патентом України на винахід.

2. Створено математичну модель функціонування УЗМ безперервної дії відповідно до розробленого алгоритму переміщення робочого органу в процесі віяло-поступальної подачі робочого обладнання на забій.

Цей результат отримано автором у розділі 2, де за результатами кінематичного аналізу переміщень запропонованого механізму з віяло-поступальним рухом робочого органу, який забезпечує розробку ґрунту стружками рівної товщини, представлено аналітичну математичну модель, що описує положення у горизонтальній площині кромки ріжучої частини робочого органу землерийної машини відповідно до розробленого алгоритму переміщення. За результатами моделювання положень кромки ріжучої частини робочого органу встановлено поліноміальні залежності поздовжньої координати кромки від поперечного положення робочого органу в межах розроблюваної виїмки. Математична модель реалізована автором у середовищі Mathcad. Порівняння отриманих результатів моделювання із початковим законом переміщення ріжучої кромки робочого органу відповідно до

запропонованого алгоритму дозволили автору стверджувати про достатню відповідність запланованих переміщень кромки реалізованим механізмом.

У розділі 3 автором запропоновано методику проведення експериментальних досліджень кінематики робочого органу УЗМ, яка дозволяє з використанням фізичної моделі робочого обладнання здійснити процес запису кінематичних параметрів ланок механізму переміщення робочого органу та траєкторії руху ріжучої кромки, що імітує утворення стружок. Розроблена методика дозволяє здійснити перевірку адекватності математичного моделювання кінематичних параметрів розробки ґрунту.

Порівняння результатів моделювання переміщення ріжучої кромки робочого органу УЗМ та результатів експериментального дослідження даного параметру на фізичній моделі, представлених у розділі 4, дозволили автору стверджувати про достатню адекватність математичної моделі переміщення робочого органу УЗМ.

Результати досліджень зі створення математичної моделі функціонування УЗМ відповідно до розробленого алгоритму переміщення робочого органу в процесі віяло-поступальної подачі робочого обладнання на забій автором опубліковано у одній публікації у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, одній публікації у фахових виданнях України, представлено на двох всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

3. Встановлено функціональну залежність тривалості довертання проміжної рами ґрунторозробного роторного робочого органу в кінці кожного напівциклу копання широких виїмок в ґрунті, залежно від швидкості подачі РО.

Цей результат встановлено автором у розділі 2 на основі теоретичної залежності між тангенсом середнього за напівцикл напрямного кута вектора швидкості бічного переміщення робочого органу під час розробки виїмки в ґрунті та відношення швидкостей поздовжньої та поперечної подачі з одного боку і співвідношенням кінематичних параметрів розробки виїмки з іншого. З цієї теоретичної залежності автором виведено значення залежність тривалості довертання проміжної рами ґрунторозробного роторного робочого органу від швидкісних параметрів подачі машини, геометричних параметрів механізму переміщення робочого органу та ширини виїмки під час розробки ґрунту. Тривалість довертання проміжної рами визначена автором як час затримки повороту рами ротора відносно проміжної рами, який визначається часом затримки подачі управляючого електромагнітного сигналу на гідророзподільник рами ротора в кінці напівциклу.

Встановлення функціональної залежності тривалості довертання проміжної рами робочого органу в кінці напівциклу від швидкості подачі

машини було здійснено автором на основі дослідження на описаній у розділі 3 фізичній моделі робочого обладнання УЗМ. Фізична модель дозволяє імітувати параметри розробки ґрунту, які характеризують поздовжню та поперечну подачу машини, швидкість різання, міцність ґрунту, час затримки повороту рами робочого органу та ширину виїмки.

За результатами проведених досліджень на фізичній моделі УЗМ, у розділі 4 представлено графічні залежності тривалості довертання проміжної рами від поздовжньої подачі машини, які мінімізують силові навантаження робочого обладнання, а саме крутний момент на роторі робочого органу, розвертаючий момент, бокову силу на роторі, силу тяги за різної ширини розроблюваної виїмки в ґрунті.

Результати досліджень з встановлення функціональної залежності тривалості довертання проміжної рами робочого органу в кінці кожного напівциклу копання широких виїмок в ґрунті залежно від швидкості подачі машини автором опубліковано у двох публікаціях у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, одній публікації у фахових виданнях України, представлено на чотирьох всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

4. Удосконалено схему та механізм реалізації адаптивного переміщення роторного робочого органу УЗМ в забої залежно від швидкості подачі машини.

Даний результат досягнуто автором у розділі 5, де представлено технічне рішення конструкції робочого обладнання УЗМ, яке реалізує запропонований у розділі 2 механізм переміщення робочого органу та результати визначення функціональної залежності тривалості довертання проміжної рами від швидкості поздовжньої подачі машини для різних розмірів розроблюваних виїмок у ґрунті, представлені у розділі 4. На основі вказаних результатів автором встановлено коефіцієнти лінійної залежності тривалості довертання проміжної рами для різних умов копання, які є основою програмного забезпечення системи автоматизованого управління робочим обладнанням УЗМ та реалізують запропонований у розділі 2 алгоритм управління гідроциліндрами повороту ланок механізму робочого обладнання, що забезпечує розробку ґрунту стружками рівної товщини.

Результати досліджень з удосконалення схеми та механізму реалізації адаптивного переміщення робочого органу УЗМ залежно від швидкості подачі машини автором опубліковано у одній публікації у виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, одній публікації у фахових виданнях України, представлено на трьох всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях, розробку захищено патентом України на винахід.

5. Отримала подальшого розвитку методологія фізичного і фізико-математичного моделювання в процесі проведення тензометричних випробувань моделі робочого органу УЗМ з використанням стенда фізико-математичного моделювання та універсальної тензометричної підвіски для визначення просторового навантаження робочого обладнання УЗМ в процесі копання ґрунту.

Цей результат отримано автором завдяки представлений у розділі 3 фізичній моделі робочого обладнання УЗМ, яке відтворює основні робочі процеси розробки ґрунту з віяло-поступальним рухом робочого органу. Для організації процесу експериментальних досліджень автором запропоновано методику визначення кінематичних та динамічних параметрів робочого обладнання машини, які включають переміщення елементів робочого обладнання в горизонтальній площині, крутний момент на вісі ротора робочого органу, сили та моменти, які передаються від робочого обладнання на корму машини. Для вимірювання та реєстрації вказаних параметрів використано вимірювальний комплекс, що містить відповідні датчики та реєструючу апаратуру.

На основі вимірювань за допомогою фізичної моделі та тензометричного обладнання параметрів просторового навантаження робочого обладнання УЗМ, у розділі 4 автором застосовано методику визначення раціональних значень часу затримки повороту рами робочого органу на основі забезпечення мінімальних значень силових параметрів, що визначають просторове навантаження робочого обладнання, за різних швидкостей подачі машини під час розробки виїмок різної ширини.

Результати досліджень з подальшого розвитку методології фізичного і фізико-математичного моделювання з використанням стенда фізичного моделювання та універсальної тензометричної підвіски для визначення просторового навантаження робочого обладнання УЗМ автором опубліковано у двох публікаціях у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, одній публікації у фахових виданнях України, представлено на чотирьох 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 створення універсальних землерийних машин безперервної дії.

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 було підвищення ефективності універсальних землерийних машин безперервної дії, здатних відкопувати в ґрунтах протяжні виїмки різних лінійних розмірів та технологічного призначення, шляхом удосконалення конструктивних параметрів та кінематики переміщення робочого органу в забої без переналагодження робочого обладнання.

В результаті виконання дослідження здобувачем було проаналізовано світовий досвід удосконалення конструкції робочого обладнання універсальних землерийних машин безперервної дії; проведене теоретичне дослідження кінематичних параметрів та синтез механізму, здатного забезпечувати розробку ґрунту стружками рівномірної товщини для виїмок різних лінійних розмірів в залежності від швидкості позовжньої подачі робочого обладнання; досліджено конструкцію та дослідний зразок у вигляді фізичної моделі робочого обладнання в масштабі, який випробувано з використанням стенду фізичного моделювання, обладнаного управляючими та вимірювальними пристроями для встановлення та вимірювання досліджуваних кінематичних та силових параметрів робочого обладнання під час розробки модельного ґрунту; виконано аналіз отриманих результатів експериментального дослідження з метою встановлення доцільних значень тривалості довертання проміжної рами, як основного параметру, який впливає на рівень силових навантажень в робочому обладнанні; на основі результатів аналізу кінематичних і динамічних параметрів запропоноване технічне рішення, яке реалізує адаптивне переміщення роторного робочого органу УЗМ в забої залежно від швидкості подачі машини відповідно до визначеного алгоритму та закономірності зміни керованих параметрів; проаналізовано основні показники ефективності розробки ґрунту машиною з використанням пропонованої конструкції робочого обладнання залежно від тривалості довертання проміжної рами. На підставі вищевикладеного, поставлене наукове завдання виконане на достатньому рівні.

Оцінка рівня оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Завдання, поставлені здобувачем для досягнення мети дослідження, відповідають логічній послідовності та рівню постановки наукових завдань, яка застосовується у практиці наукової діяльності та відповідає загальносвітовим підходам до такої діяльності.

Перше завдання визначає сучасний стан досліджень відповідно теми дисертаційної роботи, показники для оцінки, які виконують роль критеріїв оцінювання властивостей об'єкта.

Друге завдання визначає можливі варіанти рішення для досягнення цілей дослідження, що оцінюється встановленими критеріями.

Третє завдання дозволяє виконати синтез варіантів об'єкта, який гіпотетично дозволяє вирішити задачу, сформульовану в меті дослідження.

Четверте завдання забезпечує розробку математичного апарату, який дозволяє провести теоретичне дослідження синтезованих варіантів об'єкта.

П'яте завдання дозволяє перевірити практичну відповідність синтезованих варіантів об'єкта, визначених за допомогою теоретичної моделі, встановленим критеріям оцінювання властивостей об'єкта.

Шосте завдання дозволяє вибрати доцільні значення основних параметрів об'єкта, що дозволяють досягти вищих значень встановлених критеріїв.

Сьоме завдання визначає, як підсумковий результат наукового дослідження, технічне рішення об'єкта, яке рекомендується для практичної реалізації.

Під час виконання дослідження автором застосовано методи фізичного та математичного моделювання, структурного аналізу, системного аналізу, апроксимації, інтерполяції, синтезу, подібності, узагальнення, оптимізації, порівняння, теорії землерийних машин безперервної дії, багатокритеріального оцінювання, експериментальних досліджень, вимірювань фізичних параметрів, 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 розробленій конструкції робочого обладнання універсальної землерийної машини безперервної дії, яка містить дволанковий механізм переміщення робочого органу з незалежним приводом ланок за алгоритмом, що забезпечує віяло-поступальний рух роторного робочого органу під час розробки широких виїмок в ґрунті стружками рівномірної товщини. Пропонована конструкція та алгоритм управління

робочим обладнанням дозволяє комплексно підвищити загальну ефективність землерийних машин безперервної дії.

Результати досліджень прийняті до використання в діяльності ПрАТ Промислово-виробничий інститут зварювально-ізоляційних технологій при будівництві трубопроводів «Нафтогазбудізоляція».

Результати роботи впроваджено у освітній процес Національного транспортного університету кафедрою інженерії машин транспортного будівництва при підготовці фахівців за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» під час викладання дисциплін «Машини для земляних робіт», «Конструювання та випробування гідроприводів дорожніх і будівельних машин», а також в процесі виконання бакалаврських та магістерських кваліфікаційних робіт.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Оцінюючи зміст представленої до захисту дисертаційної роботи Лазарука Юрія Володимировича, 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 роботі по тексту інколи відсутні посилання на джерела інформації, зокрема: на с. 45 наведено швидкісні параметри різання ґрунту різними типами землерийних машин без пояснень як визначено чи з яких джерел встановлено ці параметри; на с. 49-56, де виконано аналіз різних конструкцій робочого обладнання УЗМ, посилання на джерела, звідки взято відповідні конструкції та показники УЗМ, відсутні; незрозуміло, звідки у висновках до розділу 2 взято відомості про підвищення продуктивності машини в 1,9 – 2 рази, у матеріалах розділу 2 ці відомості відсутні.

2. На с. 40-41 автор посиляється на дослідження різних моделей робочого обладнання землерийних машин як з безківшевим, так і ківшевим ротором. Однак, далі по тексту аналіз показників машин з безківшевим ротором відсутній, і, тому, незрозуміло на основі чого на с. 46 та у п'ятому пункті висновків до розділу 1 (с. 71) зроблено висновок про раціональність використання у конструкції УЗМ робочого обладнання саме з ківшевим ротором.

3. В тексті роботи існує певна несумісність термінів: на с. 72 рух робочого органу у поперечному відносно руху машини напрямку визначено як

«зворотно-поступальний (коливальний)», а в продовженні тексту на с. 73 згідно рисунку 2.1, а також на рисунках 2.11, 2.12, в тексті на с. 91, цей рух зображено як складний з поступальною складовою, яку надає переміщення машини, та обертальною відносно точки О, яка лежить на поздовжній осі машини.

4. Аналіз бічного переміщення робочого органу свідчить, що кут γ , визначений рівняннями 2.1 та 2.21, очевидно, буде змінним впродовж напівциклу, оскільки змінною є швидкість бічного переміщення. З огляду на це, параметр, позначений як « γ » у формулі 2.2, по суті не є кутом γ з точки зору рівнянь 2.1 та 2.21.

5. Згідно назви підрозділу 2.5 «Кінематичний аналіз механізму приводу бічного переміщення робочого органу УЗМ», автором очевидно передбачалось виконати визначення переміщень, швидкостей та прискорень ланок пропонованого механізму переміщення робочого органу машини, однак, наведений лише аналіз переміщень ланок.

6. Відсутні пояснення алгоритму керування робочим процесом УЗМ, представленого на рисунку 2.17, відповідно неможливо проаналізувати зміст представлених графічних залежностей.

7. Очевидно, що на величину часу затримки t_z , визначену залежністю 2.23, буде впливати момент інерції обертання робочого обладнання та сила опору розроблюваного ґрунту, що не дозволить встановити необхідне значення часу затримки лише шляхом запрограмованого керування клапанами гідророзподільників, як вказано на с. 106.

8. Для встановлення динамічних параметрів механізму переміщення робочого органу з віяло-поступальним рухом, доцільно було б визначити залежності швидкостей та прискорень ланок, що дало б можливість оцінити енергоефективність процесів розробки ґрунту УЗМ запропонованої конструкції.

9. Час t_z (який по різному називається у різних частинах дисертації: час затримки повороту ланки n відносно ланки m (рами ротора відносно ПР), с. 106; тривалість довертання проміжної рами в кінці кожного напівциклу, с. 136) на рисунку 4.3, с. 142, зображений помилково як час затримки повороту проміжної рами.

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 Лазарука Юрія Володимировича на тему «Підвищення ефективності універсальних землерийних машин удосконаленням конструктивних та кінематичних

параметрів» є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну наукову-практичну задачу поліпшення показників ефективності розробки ґрунту універсальними землерийними машинами безперервної дії.

За змістом та якістю методології теоретичних та експериментальних досліджень і отриманих результатів дисертаційна робота відповідає рівню дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та освітньо-науковій програмі «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» 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, Лазарук Юрій Володимирович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

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

Микола ЦЮМАН

