

ВІДГУК

офіційної опонентки, кандидатки технічних наук, доцентки **Пономаренко**

Наталії Олександрівни

на дисертацію **Адамчука Олега Валерійовича «Обґрунтування параметрів та режимів роботи удосконаленого відцентрового робочого органа машин для внесення мінеральних добрив»**, що представлена до

спеціалізованої вченої ради

К 05.854.02 у Вінницькому національному аграрному університеті на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

1. Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

При вирощуванні сільськогосподарських культур в Україні переважна кількість мінеральних добрив використовується в твердій формі. Понад 90% сучасних машин для внесення добрив обладнують відцентровими розсіювальними робочими органами, які успішно вносять гранульовані і дрібнокристалічні добрива та хіммеліоранти. Серед показників якості розкидачів добрив найголовніші – це повнота і норма внесення та рівномірність розподілу по площі. Останній показник особливо актуальний, коли вноситься повна доза, тому, що нерівномірне внесення може призвести до нерівномірного росту рослин, до накопичення в рослинній продукції шкідливих речовин особливо нітратів. Все це призводить до зниження ефективності добрив, до зменшення врожайності і до зниження якості продукції рослинництва.

Тому результати дослідження викладені в дисертації Адамчука О.В. спрямовані на підвищення продуктивності машин і зменшення питомих витрат на виконання технологічної операції з внесення мінеральних добрив.

Актуальність теми підтверджується також тим, що дослідження склали основу дисертаційної роботи, які виконувались у Національному науковому центрі «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України відповідно до завдань II рівня 40.01- 048/01 Ф «Розробити та дослідити раціональні просторові математичні моделі і на їх базі сформувавши наукові основи нових і удосконалених способів дозування і розподілу мінеральних добрив та хіммеліорантів» (ДР № 0107U012425, 2010 р.), 33.0100.44П «Розробити технологічний процес забезпечення зернових культур елементами живлення на базі нових і удосконалених технічних засобів» (ДР № 0114U002050, 2015 р.)

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертації, є достовірними та належним чином обґрунтованими. Для цього автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження з використанням розроблених та відомих методик, використані літературні джерела та патентна інформація.

Автором визначена мета та сформульовані задачі дослідження, послідовне вирішення яких дозволило довести наукову гіпотезу, згідно з якою спрямування переносної швидкості мінеральних добрив у момент їх сходження з відцентрового тукорозсівного робочого органа під кутом до горизонтальної площини шляхом установки осі зазначеного робочого органа з нахилом до вертикалі забезпечить збільшення дальності розсівання добрив, а, відповідно, і збільшення робочої ширини захвату та продуктивності машин для внесення мінеральних добрив.

Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими, вони підтверджені необхідною кількістю експериментальних досліджень, які проведені як в лабораторних, так і в умовах виробничої експлуатації.

Перший пункт загальних висновків характеризує стан питання, аналіз проведених досліджень, обґрунтовує доцільність і ефективність розробленої конструкції тукорозсівного робочого органа з нахилом до вертикалі (ТРОН). Він повністю відповідає задачі досліджень, щодо підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

Другий, третій і четвертий пункти присвячені проведенню теоретичних досліджень розгону частинки добрива лопаткою ТРОН, що повністю відповідає першій та другій задачі досліджень. На основі даних пунктів виділена друга, третя і четверта наукова новизни. Розроблено математичні моделі, які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив лопатками ТРОН з врахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів ТРОН, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив на його диск. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху добрив вздовж лопаток ТРОН і її значення в момент сходження добрив з лопаток. Викладено програму експериментальних досліджень, описана конструкція експериментальної установки, яка була спроектована і виготовлена. З використанням отриманих залежностей встановлено, що однакову відстань уздовж лопатки диска ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30 - 120 \text{ c}^{-1}$ та коефіцієнта зовнішнього тертя добрив – в межах $0,1 - 0,7$ долають за різний час. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска та зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

У п'ятому, шостому, сьомому пункті встановлено, що найбільший вплив на відносну швидкість сходження добрив з ТРОН має кутова швидкість диска та радіус подачі добрив, раціональні значення радіуса подачі добрив не повинні перевищувати $0,5$ радіуса ТРОН. Зміна кута нахилу диска

ТРОН до горизонтальної площини (у встановлених межах) не впливає на: час розгону частинок добрив ТРОН, значення відносної і абсолютної швидкостей сходження добрив з лопаток, а тільки призводить до зміни кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з ТРОН і горизонтальною площиною, що повністю відповідає третій та четвертій задачі досліджень. Отримані результати покладені в основу четвертої новизни, щодо експериментального визначення основних характеристик розсівання мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом з нахилоною віссю обертання, що дає можливість дослідити нерівномірність розподілу добрив за напрямком їх розсівання. Кут розгону добрив ТРОН не залежить від кутової швидкості диска та номера сектора, в межах якого здійснюється подача добрив на нього, але зменшується за збільшення радіуса подачі добрив на ТРОН та зростає за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

У **восьмому і дев'ятому, десятому пунктах** загальних висновків виконано п'яту та шосту задачу досліджень, а саме експериментальним шляхом підтвердили основні результати теоретичних досліджень та дослідили вплив кута установки диска ТРОН на робочу ширину захвату машини для внесення мінеральних добрив. Створено відповідні експериментальні зразки технічних засобів з раціональними режимними параметрами. Кут розгону добрив ТРОН не залежить від кутової швидкості диска та номера сектора, в межах якого здійснюється подача добрив на нього, але зменшується за збільшення радіуса подачі добрив на ТРОН та зростає за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив. Збільшення як частоти обертання диска ТРОН і кута його нахилу до горизонтальної площини призводить до: суттєвого зміщення всієї маси висіяних добрив від ТРОН за напрямком їх розсівання; збільшення ефективної дальності розсівання мінеральних добрив; збільшення відстані від ТРОН до дека, в яке

висіялась максимальна частка маси добрив; відносного зменшення максимальної частки маси добрив, висіяних в деко.

Одинадцятий та дванадцятий пункти відповідають сьомій задачі досліджень, яка висвітлена у п'ятому розділі, "Виробнича перевірка та економічна оцінка застосування розробки", і зазначає, що кращі показники внесення добрив як за робочою шириною захвату, так за нерівномірністю внесення добрив забезпечуються за кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини в межах $20^{\circ} - 30^{\circ}$. Машина, обладнана ТРОН, забезпечила внесення гранульованих добрив з робочою шириною захвату до 39 м, при цьому нерівномірність їх внесення на робочій ширині захвату не перевищувала $\pm 20\%$, а за напрямом руху агрегата - $\pm 10\%$, що задовольняє агротехнічні вимоги на машини для внесення мінеральних добрив. Збільшення робочої ширини захвату було досягнуто у 1,95 раза; зменшення сумарних прямих експлуатаційних витрат на 33,22 грн/га та приведених експлуатаційних витрат - на 41,04 грн/га. Річний економічний ефект від використання машини для внесення мінеральних добрив, обладнаної ТРОН, становить 150764,54 грн.

Усі пункти висновків логічно випливають із результатів досліджень, наведених автором у дисертації.

3. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати досліджень за темою дисертації викладені у 40 опублікованих працях, у тому числі в 17 фахових статтях, із них 11 одноосібно, 2 - у наукових закордонних виданнях, 6 - у матеріалах наукових конференцій та у 13 описах до патентів України на винаходи і корисні моделі.

Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

4. Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Автореферат дисертації відображає основний зміст роботи, її наукові положення та результати. Висновки автореферату і дисертації повністю ідентичні.

5. Наукова новизна одержаних результатів та їх значення для науки та виробництва

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що: – вперше отримані математичні моделі, які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом з нахилоною віссю обертання за врахування параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивості мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів диска зазначеного робочого органа, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив, що дає можливість проаналізувати робочий процес відцентрового розсівного робочого органа з нахилоною віссю обертання; – вперше теоретичним шляхом отримано залежності для визначення відносної швидкості руху добрив уздовж лопаток відцентрового розсівного робочого органа з нахилоною віссю обертання і її значень у момент сходження добрив із зазначеного робочого органа; – набула подальшого розвитку методика експериментального визначення основних характеристик розсівання мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом з нахилоною віссю обертання, що дає можливість дослідити нерівномірність розподілу добрив за напрямком їх розсівання; 2 – отримала подальший розвиток методика визначення параметрів та режимів роботи відцентрового розсівного робочого органа, а саме: з нахилоною віссю обертання, що дає можливість за врахування вихідних умов досягати збільшення продуктивності машин та зменшення прямих експлуатаційних витрат на операції внесення мінеральних добрив.

Отримані дисертантом результати досліджень були використані при створенні технічних рішень, реалізованих у нових технічних засобах для внесення мінеральних добрив, які захищені сімома патентами України на винаходи №№ 74911, 76226, 76327, 76362, 76501, 77024, 77522. Окрім того, на одне технічне рішення отримано деклараційний патент на корисну модель № 12794, а на інші два технічних рішення отримано деклараційні патенти на винаходи №№ 62160, 63703. Результати науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт дисертанта використані Дослідним конструкторсько-технологічним бюро Інституту механізації та електрифікації сільського господарства при розробленні і виготовленні на замовлення підприємств України дослідних партій машин для внесення твердих мінеральних добрив МРД-5 та МРД-8. За практичними рекомендаціями, які приведені у висновках дисертаційної роботи, наукових публікаціях і патентах на винаходи та корисні моделі автора роботи ТОВ «Укрсільгоспмаш» (м. Біла Церква) розроблено сімейство машин для розкидання мінеральних добрив РН-0,8, РН-1 та РП-2,1, які з 2015 року виробляються серійно. Результати досліджень передані ТОВ «Оріхівсільмаш» для проведення модернізації машин для внесення мінеральних добрив, які воно виробляє.

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг дисертації складає 231 сторінку, у тому числі з додатків на 40 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 191 сторінку, містить 6 таблиць та 67 рисунків. Список використаних джерел нараховує 148 найменування на 14 сторінках.

У **вступі**, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета й задачі досліджень, представлено

наукову новизну і практичне значення одержаних результатів наукових досліджень.

У першому розділі «Сучасний стан механізації внесення твердих мінеральних добрив і задачі досліджень» проведено аналіз технологій і способів та технічних засобів для внесення мінеральних добрив. На основі проведеного аналізу відомих результатів теоретичних досліджень встановлено, що вони переважно присвячені визначенню дальності розсівання окремої частинки мінеральних добрив в умовах як вітру, так і безвітряної погоди. Встановлено, що фізико-механічні властивості мінеральних добрив, які поставляє на вітчизняний ринок як українська, так і закордонна хімічна промисловість протягом останніх десятиліть залишаються незмінними. Тому можна прогнозувати, що найближчим десятиліттям фізико-механічні властивості мінеральних добрив, наприклад, розміри гранул та їх міцність, коефіцієнт тертя добрив по поверхні лопатки, які впливають на дальність їх розсівання, не зміняться. Виконання лопаток з включенням елементів, наприклад, полімерних, по поверхні яких добрива мають відносно малий коефіцієнт тертя, що буде сприяти підвищенню абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО, вже використовуються при створенні нової техніки; підвищення абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО шляхом збільшення зовнішнього діаметра його диска практично не можливе, адже як зазначалось раніше, цей шлях вже вичерпаний і наступне збільшення діаметра диска обмежене конструктивно-компонувальними схемами машин; підвищення абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО шляхом збільшення частота його обертання практично теж не можливе. Адже лопатки ТРО, захвачуючи добрива, здійснюють ударну дію, в результаті цього має місце руйнування їх гранул і утворення порошкоподібних фракцій. Необхідно мати на увазі, що за високих частот обертання ТРО утворюється значна маса пилоподібної фракції, яка кидальним способом розсівається на значно меншу відстань ніж

гранули; збільшення кута між вектором абсолютної швидкості сходження добрив з ТРО та горизонтальною площиною у відомих ТРО з вертикальною віссю обертання шляхом збільшення кута установки лопаток до горизонтальної площини теж вже вичерпано; збільшення висоти установки ТРО над поверхнею ґрунту, по-перше: несуттєво впливає на збільшення робочої ширини захвату, а по-друге: висота установки ТРО обмежена положенням днища технологічної місткості. Отже, одним із найбільш перспективних способів збільшення робочої ширини захвату машин для внесення добрив є застосування в їх конструктивних схемах ТРО з диском, нахиленим під кутом до горизонту (ТРОН).

У другому розділі «Теоретичне дослідження роботи відцентрового тукорозсівного робочого органа з нахиленою віссю обертання» проведені теоретичні дослідження розгону частинки добрива лопаткою ТРОН. Для цього було записано рівняння результуючої сили, під дією якої частинка добрива рухається уздовж лопатки ТРОН. Після підстановки значень складових і перетворень було отримано вирази, які описують закономірності розгону частинки мінеральних добрив лопатками ТРОН з врахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів диска ТРОН, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху частинки добрив вздовж лопаток ТРОН і її значення в момент сходження добрив з лопаток - в межах сектора

З використанням отриманих виразів за допомогою ПК встановлено, що однакову відстань уздовж лопатки ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30-120 \text{ c}^{-1}$ та коефіцієнта їх зовнішнього тертя – в межах $0,1-0,7$ долають за різний час. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска та зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив. Найбільший

вплив на відносну швидкість сходження добрив з лопатки ТРОН мають кутова швидкість диска та радіус подачі. Зміна кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини в досліджуваних межах (0° – 40°) не впливає як на час розгону частинок добрив ТРОН, так і на значення відносної і абсолютної швидкостей сходження частинки добрив з лопатки, а тільки призводить до зміни кута між вектором абсолютної швидкості сходження частинки добрив з ТРОН і горизонтальною площиною.

Кут розгону добрив ТРОН не залежить від кутової швидкості диска та номера сектора, в межах якого здійснюється подача добрив на нього, але зменшується за збільшення радіуса подачі добрив на ТРОН та зростає за збільшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив. В машинах для внесення мінеральних добрив, які обладнані ТРОН, при необхідності зміни частоти обертання його диска немає необхідності корегувати місцезнаходження зони живлення ТРОН, але при переході на внесення іншого виду мінерального добрива, коефіцієнт зовнішнього тертя якого відрізняється від коефіцієнта зовнішнього тертя мінерального добрива, яке вносили до цього, таке регулювання є обов'язковим. Рациональні значення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини знаходяться у межах 20° – 30° .

У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень» викладено програму експериментальних досліджень, описана конструкція експериментальної установки, яка була спроектована і виготовлена. В процесі досліджень використовували основні положення ГОСТ 20315–75 «Сельскохозяйственная техника. Методика определения условий испытаний», ГОСТ 28714–2007 «Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний». При проведенні досліджень використовувалися найбільш поширені в сільському господарстві добрива: суперфосфат гранульований; нітроамофоску та селітру аміачну. Одержані в

результаті експериментальних досліджень дані оброблялися за стандартними методиками статистичної обробки з отриманням регресивних моделей.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» представлено результати досліджень процесу розсівання мінеральних добрив ТРОН. В результаті експериментальних досліджень підтверджено, що за зміни частоти обертання диска від 600 до 1000 об/хв та зміни кута установки диска до горизонтальної площини від 0° до 30° , ТРОН надійно забезпечує виконання технологічного процесу внесення мінеральних добрив. Рациональні значення частоти обертання диска, які були обґрунтовані вченими в попередні роки для ТРО з вертикальною віссю обертання, виходячи з міцності гранул різних видів мінеральних добрив, доцільно використовувати і при застосуванні ТРОН, а саме: на внесенні суперфосфату гранульованого – 1000 об/хв, а на внесенні азотних та комплексних видів добрив – 800 об/хв. Збільшення як частоти обертання диска ТРОН від 600 до 1000 об/хв, так і кута його нахилу до горизонтальної площини від 0° до 30° призводить до: суттєвого зміщення всієї маси висіяних добрив від ТРОН за напрямком їх розсівання; зростання ефективної дальності розсівання мінеральних добрив та відстані від ТРОН до дека, в яке висіялась максимальна частка маси добрив; відносного зменшення максимальної частки маси добрив висіяних в деко. За всіх досліджуваних кінематичних режимів роботи ТРОН ефективна дальність розсівання мінеральних добрив та відстань від ТРОН до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива найбільш стрімко зростає за 13 збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 10° , а менше - за зміни значеного кута в межах 20° до 30° . Збільшення кута нахилу диска ТРОН до горизонтальної площини від 0° до 30° за частоти обертання диска 1000 об/хв призводить до збільшення: ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого на 34,9 %, відстані від ТРОН до дека з максимальною часткою маси

висіяного добрива - на 45,0 % та зменшення зазначеної частки маси добрива у 1,23 рази.

У п'ятому розділі «Виробнича перевірка та економічна оцінка застосування розробки» наведенні результати виробничої перевірки машини для внесення мінеральних добрив МРД-8, обладнаної двома ТРОН, та розрахунку показників економічної ефективності розробки. Виробнича перевірка проводилась в умовах Державного підприємства «Дослідне господарство «Оленівське» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (с. Оленівка Фастівського району Київської області) на операції внесення мінеральних добрив на поверхню ґрунту перед його обробітком. Результати виробничої перевірки підтверджують стабільність і ефективність виконання технологічного процесу внесення мінеральних добрив машиною, яка обладнана дослідними ТРОН. Аналіз результатів виробничої перевірки машини для внесення мінеральних добрив, яка обладнана двома ТРОН, підтверджує стабільність і ефективність виконання технологічного процесу внесення гранульованих мінеральних добрив. Річний економічний ефект від використання машини для внесення мінеральних, обладнаної ТРОН, становить 150764,54 грн.

7. Основні зауваження до дисертації

1. Основними факторами при експериментальних дослідженнях кут нахилу диска до горизонтальної площини приймався з кроком 10^0 . Доцільно було б надати величину кроку даного кута нахилу $2-5^0$.

2. Опір повітря суттєво впливає на кінцевий розподіл гранул добрива по поверхні ґрунту, оскільки неоднорідність їх фракційного стану призводить до різної дальності польоту окремих гранул, тому при побудові математичної моделі бажано було б брати до уваги даний фактор.

3. Для математичної моделі недостатньо аргументовані прийняті

припущення.

4. Математична модель має значну кількість вихідних даних, абсолютні значення яких мають варіюватись в широкому діапазоні, що зменшує точність обчислень.

Відмічені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертації і не впливають на позитивну оцінку роботи в цілому. За обсягом і змістом дисертація відповідає вимогам МОН України, які пред'являються до кандидатських дисертацій.

8. Відповідність дисертації визначеній спеціальності

Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва за пунктами: 1 - Дослідження технологічних процесів, а також фізико-механічних властивостей робочих середовищ з метою вибору принципу дії, розроблення конструкції, обґрунтування параметрів і режимів роботи робочих органів сільськогосподарських та меліоративних машин і обладнання, а також засобів переробки та зберігання сільськогосподарської сировини, утилізації відходів.

ВИСНОВОК

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Вона містить у собі новітнє рішення актуальної наукової проблеми – підвищення продуктивності машин і зменшення питомих витрат на виконання технологічної операції з внесення мінеральних добрив.

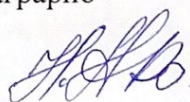
Наукова новизна і практична цінність виконаної роботи характеризують здобувача наукового ступеня кандидата технічних наук як

кваліфікованого науковця, здатного вирішити наукову проблему в області галузевого машинобудування.

Дисертація і автореферат відповідають паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю наукових положень та практичних результатів, ступенем апробації результатів дослідження на конференціях і в фахових наукових працях представлена дисертація повністю відповідає існуючим вимогам до дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук і п. 9, 10, 13 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 (зі змінами), та всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор **Адамчук Олег Валерійович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

доцентка кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин
Дніпровського державного аграрно-
економічного університету,
кандидатка технічних наук,



Н.О.Пономаренко

Підпис кандидатки технічних наук, доцентки,
Н.О. Пономаренко засвідчує



Гр. М. Карачушка