

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента, професора кафедри експлуатації, надійності, міцності та будівництва ім. В.Я. Аніловича Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка **Алфьорова Олексія Ігоровича** на дисертацію **Горбатюка Руслана Миколайовича** «Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів вібронасадки для поверхневого відновлення робочих органів ґрунтообробних агрегатів», що представлена до спеціалізованої вченої ради К 05.854.02 Вінницького національного аграрного університету на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

На відгук представлені дисертація, автореферат, копії опублікованих робіт.

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами**

Актуальними для розвитку агропромислового комплексу України є питання збільшення виробничого ресурсу робочих органів ґрунтообробних агрегатів. Питання впровадження нових технологій та обладнання для вирішення цього актуального завдання є перспективним напрямком.

До прогресивних методів відновлення робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь відносяться методи вібраційної оздоблювально-зміцнювальної обробки поверхонь деталей.

Методи вібраційної обробки процесу відновлення зношених поверхонь деталей ґрунтообробних робочих органів забезпечують більш високий ступінь зміцнення та рівень залишкових напружень стиску, що дозволяє підвищити втомну міцність деталей.

Основою розглянутих у роботі технологічних процесів є: механічні методи оздоблювально-зміцнювальної обробки, які дозволяють видаляти з поверхні деталей та заготовок окалину, нагар, накип, бруд тощо; здійснювати операції зняття задирів, утворення заокруглень, полірування гострих кромek деталей;

здійснювати видалення облою при обробці заготовок; виконувати шліфування, полірування та зміцнення поверхонь деталей ґрунтообробних агрегатів.

Отже, зважаючи на все вищезгадане, можна зробити висновок, що тема дисертаційної роботи є актуальною.

Дослідження, які наведено у дисертаційній роботі виконувалися у Вінницькому національному аграрному університеті за тематичним планом науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи на 2017–2020 рр. «Інтенсифікація процесів механічної обробки сільськогосподарської сировини за вібраційного впливу» (державний реєстраційний номер 0117U004700), яка реалізується відповідно до державної програми «Питання Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства», затвердженої Постановою КМ України від 2019 р. за № 838.

Робота також виконувалася відповідно до договорів про творчу співпрацю Вінницького національного аграрного університету із ПрАТ «Калинівське РП «Агромаш» та ТОВ «Агромаш-Калина».

Все це також підкреслює актуальність теми дисертаційної роботи, яка спрямована на нове вирішення науково-прикладної задачі в агропромисловому комплексі країни.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки та виробництва**

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що у роботі:

- вперше отримано математичну модель динаміки руху виконавчих органів вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища, що дозволило обґрунтовувати раціональні режими її роботи; розроблені емпіричні моделі, які характеризують енергетичні витрати процесу роботи оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей, висоту мікронерівності та твердості обробленої поверхні залежно від основних параметрів робочих органів;

- дістали подальший розвиток отримані залежності, які описують зміну амплітуди коливання робочої камери та дебалансного активатора залежно від

їх геометричних і конструктивних параметрів;

- уточнено аналітичну залежність для визначення потужності привода з дебалансним активатором руху робочого середовища залежно від жорсткості системи підвісок вібраційної машини та кута розведення дебалансів.

Все це дало можливість розвинути новий науковий напрямок інтенсифікації процесів відновлення поверхонь робочих органів ґрунтообробних агрегатів з використанням вібраційного впливу на матеріал.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовано раціональні параметри процесу вібраційного зміцнення робочих поверхонь ґрунтообробних агрегатів.

Обґрунтовано схему та розроблено й виготовлено дослідно-промисловий зразок вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища, який успішно пройшов випробування на виробничих потужностях ПрАТ «Калинівське РП «Агромаш» та ТОВ «Агромаш-Калина» м. Калинівка Вінницької області для вібраційного зміцнення поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Встановлено, що застосування розробленого обладнання дозволило підвищити твердість відновлених деталей в 1,2...1,5 рази, зменшити витрати часу у 2 рази та питомі витрати енергії у 1,8 рази на їх відновлення, а також зменшити шорсткість поверхні із 6,3 мкм до 0,18 мкм за час обробки 80 хв.

Результати техніко-економічного оцінювання розробленого обладнання для відновлення робочих органів ґрунтообробних знарядь за рахунок застосування вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища засвідчили, що його впровадження у виробництво порівняно з існуючим аналогом дає змогу отримати річний економічний ефект 4451,2 грн. на одній секції з шести робочих органів за середнього терміну окупності 0,55 року.

Конструктивна новизна технічного рішення підтверджена 2 патентами України на корисні моделі.

### **3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Наукові положення, висновки та рекомендації є кількісно і якісно обґрунтованими. Ці положення, висновки і рекомендації сформульовані на основі проведених автором необхідних, в достатніх кількості і об'ємі, теоретичних та експериментальних досліджень з використанням типових і запропонованих здобувачем методів. Всі наукові положення, які наведені в дисертації, підтверджені поданими у дисертації результатами теоретичних і експериментальних досліджень, а також результатами виробничих випробувань. Результати дисертаційної роботи викладені у висновках після кожного розділу, а також у семи пунктах загальних висновків.

Перший пункт загальних висновків, у відповідності до першої поставленої задачі, вказує на результати проведеного аналізу особливостей відомих способів та технічних засобів для оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей робочих органів ґрунтообробних машин в результаті якого встановлено, що найбільш ефективним є використання машини з активатором руху робочого середовища з вільним кінематичним зв'язком між деталями та робочим інструментом.

У другому висновку вказано, що в результаті теоретичних досліджень розроблена механіко-математична модель динаміки руху робочих органів вібраційної машини дозволила встановити істотний взаємозв'язок між параметрами вібраційних коливань і якісними показниками віброзміцнювальної обробки деталей. При цьому збільшення амплітудно-частотних параметрів робочих органів дебалансного активатора робочого середовища на 50 % викликає збільшення твердості поверхні деталей на 60-70 %.

Третій висновок висвітлює результати теоретичних досліджень, а саме аналітично встановлено, що збільшення еквівалентної системи жорсткості підвіски на 30 % призводить до збільшення необхідної потужності приводу вібраційної машини на 20 %.

Четвертий висновок вказує на результати експериментальних досліджень, в результаті яких було встановлено, що споживані енерговитрати вібраційною машиною знаходяться у діапазоні від 0,2 до 0,8 кВт за зміни кутової швидкості приводного вала активатора від 20 до 200 рад/с і кутової швидкості приводу вала робочої камери від 20 до 220 рад/с. Різниця між теоретичним та експериментальними даними не перевищує 12%.

У п'ятому висновку встановлено, що оптимальні значення показників процесу вібраційного зміцнення деталей отримано за таких раціональних значень параметрів вібраційної машини: амплітуди коливання робочої камери  $4 \cdot 10^{-3}$  м; частоти коливання приводного вала активатора та робочої камери 146,5 рад/с; кута розведення дебалансів 0,96 рад.

Шостий висновок вказує, що за результатами теоретичних і експериментальних досліджень вібраційного зміцнення робочих органів ґрунтообробних знарядь встановлено компромісні технологічні параметри процесу: кутова швидкість вала робочої камери – 115...120 рад/с, кутова швидкість вала активатора – 120..150 рад/с, час обробки – 80 хв. При цьому твердість поверхні деталей збільшується у 1,2-1,5 рази, тривалість обробки зменшується у 2 рази, а витрати енергії у 1,8 рази в порівнянні з існуючими машинами.

Сьомий висновок вказує, що результати техніко-економічного оцінювання розробленого обладнання для реалізації процесу вібраційного зміцнення поверхні робочих органів ґрунтообробних агрегатів засвідчили, що економічний ефект від упровадження вібраційної машини для ремонту робочих органів складає 4451,2 грн. з однієї секції дискової борони (6 дисків). Термін окупності капіталовкладень становить 0,55 року.

#### **4. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 22 наукових працях, серед яких 13 статей у фахових виданнях України, 1 стаття в

закордонному виданні, 3 патенти України на корисну модель, 5 тез наукових конференцій. Наведені публікації відтворюють основний зміст дисертації.

## **5. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Горбатюка Р.М. представляє собою завершену наукову працю і складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг роботи викладено на 212 сторінках комп'ютерного тексту, містить 61 рисунок, 15 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання, об'єкт і предмет досліджень, методи досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі «Аналіз засобів та методів відновлення робочих органів ґрунтообробної техніки»** проведено аналіз стану відновлення робочих органів ґрунтообробних агрегатів і обґрунтовано напрямки досліджень. Запропоновано спосіб вібраційного зміцнення для обробки поверхні робочих органів ґрунтообробних машин з метою збільшення її твердості, що позитивно впливатиме на ресурс їх роботи.

На основі проведеного аналізу літературних джерел, вивчення практичного досвіду технологій та обладнання для проведення операцій з відновлення робочих органів ґрунтообробних агрегатів, запропонована класифікація машин, що використовуються для здійснення оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей у вільногранульованому середовищі при відсутності жорсткого кінематичного зв'язку між деталями та інструментом.

Для інтенсифікації процесу віброзміцнювальної обробки робочих поверхонь ґрунтообробних агрегатів запропоновано схему вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища.

У **другому розділі «Теоретичні дослідження динаміки руху вібраційної машини для поверхневого відновлення робочих органів ґрунтообробних агрегатів»** проведені теоретичні дослідження параметрів і режимів роботи технологічної машини для вібраційного зміцнення робочих

органів ґрунтообробних агрегатів.

Для математичного обґрунтування принципу роботи складено математичну модель динаміки руху робочих органів вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища.

На основі складених диференціальних рівнянь теоретично визначено потужність, яку необхідно затратити на привод вібраційної машини з дебалансним активатором руху робочого середовища для проведення оздоблювально-зміцнювальної обробки поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь. Параметри вібрації безпосередньо впливають на показники якості виконання технологічного процесу оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей, але варіювати ними можна тільки в обмеженому діапазоні.

**У третьому розділі «Програма і методика проведення експериментальних досліджень»** описано оснащення та наведено методики проведення, вимірювання та оброблення результатів експериментів.

Згідно з метою дисертаційної роботи та поставлених завдань, а також для перевірки адекватності отриманих результатів теоретичного аналізу, дисертантом розроблена програма проведення експериментальних досліджень дослідно-промислового зразка вібраційної машини для проведення оздоблювально-зміцнювальної обробки поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Вибір рекомендованих технологічних способів відновлення робочих поверхонь ґрунтообробних агрегатів виконаний з урахуванням характеру дефектів та міри зношування їх ріжучих поверхонь, властивостей матеріалу, точності обробки, конструктивних особливостей і економічної доцільності виконання робіт з їх ремонту.

**У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень»** наведено результати експериментальних досліджень вібраційно-зміцнювальної та оздоблювальної обробки деталей ґрунтообробних знарядь.

Визначення характеру зміни енерговитрат процесу віброзміцнення, зміни твердості відновленої поверхні робочих органів, зміни шорсткості оброблених

деталей проводили згідно з складеною план-матрицею експериментів.

Визначення впливу вхідних факторів на параметри досліджуваного процесу дисертант проводив за допомогою рототабельного центрально-композиційного плану планованого факторного експерименту.

За результатами проведених експериментів було побудовано гістограму розподілу випадковості якісних показників процесу віброзміцнювальної обробки робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь.

Проведено перевірку адекватності теоретичних та експериментальних досліджень для випадку раціональних значень амплітуди і частоти коливань та кута розведення дебалансів. Гіпотеза про адекватність вибірки підтверджується на рівні 5%.

На основі отриманих експериментальних даних побудовано карти Парето ефектів для оцінки функціонального впливу вхідних факторів на споживані енерговитрати розробленої вібраційної машини, на висоту мікронерівностей та твердість поверхні. За результатами проведених експериментальних досліджень функціональної зміни показників якості віброзміцнювальної обробки робочих органів ґрунтообробних знарядь і аналізу побудованих поверхонь відгуку досліджуваних процесів, а також з врахуванням показників виробничих досліджень розробленої вібраційної машини визначено компромісні технологічні параметри її роботи.

**У п'ятому розділі «Економічна ефективність та упровадження результатів досліджень»** проведено розрахунок економічної ефективності відновлення робочих органів ґрунтообробних знарядь на прикладі ремонту дискової борони.

Економічний ефект від впровадження розробленої вібраційної машини для ремонту робочих органів однієї секції (6 шт.) дискової борони склав 4451,2 грн. Він одержаний за рахунок підвищення твердості поверхні відновлених деталей в 1,2-1,5 рази, зменшення витрат часу у 2 рази та питомих витрат енергії у 1,8 рази на відновлення деталей. Термін окупності капіталовкладень становить 0,55 року.



Для розширення технологічної можливості віброзміцнювальної обробки деталей автором розроблено електромеханічну схему керування приводом машини.

Дисертація і автореферат написані діловою українською мовою з дотриманням наукового стилю. В роботі мають місце стилістичні і друкарські недоліки, які істотно не впливають на кінцевий результат і не знижують наукової цінності дисертації.

Основні положення, що наведені у авторефераті, співпадають з дисертацією.

## **6. Дискусійні питання та зауваження щодо дисертаційної роботи**

1. Розроблена автором система диференціальних рівнянь (2.68) дозволяє на теоретичному рівні визначити потужність, яка необхідна для коректної роботи приводу робочих органів вібраційної машини з активатором руху робочого середовища. В той час автор наводить іншу розроблену математичну модель (2.74), що знову визначає потужність, яка витрачається на приведення системи вібраційної машини в коливний рух, як похідну за часом від функції роботи, де окремі складові визначаються емпіричним шляхом. З тексту дисертації не зрозуміло як між собою узгоджуються ці дві математичні моделі.

2. Потребує уточнення ствердження автора щодо обчислення амплітуди коливань робочої камери вібромашини за допомогою отриманих залежностей (2.73) та (2.74) визначення, відповідно, роботи та потужності, необхідної для приведення системи вібраційної машини в коливальний рух.

3. При описанні експериментальних досліджень в якості робочого середовища в розробленій машині представлені металеві кульки діаметром 6мм (для віброзміцнення), керамічні кульки діаметром 6мм, призми трьохгранні керамічні (рис.4.2) з довжиною грані 10 та 16 мм (для оздоблювальної обробки), однак інші фізико-механічні властивості не надано. Також не надано обґрунтування вибору саме таких об'єктів в якості робочого середовища для

проведення експериментального зміцнення деталей робочих органів ґрунтообробних агрегатів виготовлених зі сталі 65Г.

4. На рисунках 4.3, 4.7 та 4.10 показано аксонометричне зображення, розміром 2,000x2,000 мм, поверхні деталі виготовленої з сталі 65Г, після різноманітних технологічних операцій. Бажано було б вказати, що це за деталь, клас її обробки, та зазначити спосіб отримання аксонометричного зображення та основних об'ємних геометричних характеристик. Адже за описанням автора комп'ютеризований стереометричний профілометр фірми Rank Taylor Hobson Inc., з використанням скануючої головки Talyscan дає можливість одержати кольорове тривимірне аксонометричне зображення поверхні деталі площею до 1мм<sup>2</sup>, що менше наведеного прикладу у 4 рази.

5. З тексту дисертації не зрозуміло за яким критерієм обиралось локальне місце визначення основних об'ємних геометричних характеристик поверхні деталі при проведенні експериментальних досліджень і якій деталі ґрунтообробних агрегатів відповідає експериментальний зразок.

6. Бажано було б статистично дослідити рівномірність розподілу зміцнення поверхні деталі та її залежність від тривалості процесу зміцнення.

7. Бажано було б висвітлити вплив розміру деталі, що зміцнюється на характеристики процесу зміцнення та його результати.

8. З тексту дисертації не зрозуміло, як математичні моделі 2.68 та 2.74 визначення потужності вібромашини узгоджуються з результатами експериментальних досліджень та комплектацією експериментальної установки.

9. Не зрозумілим є відношення п 5.3. «Розробка керованого приводу вібромашини для віброобробки поверхонь деталей ґрунтообробних знарядь» до 5 розділу дисертації «Економічна ефективність застосування вібромашини та впровадження результатів дослідження».

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Горбатюка Руслана Миколайовича «Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів вібромашини для поверхневого відновлення робочих органів ґрунтообробних агрегатів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в підвищенні технологічної ефективності оброблення поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь шляхом розробки процесу вібраційного деформування з механічним активатором руху робочого середовища та обґрунтування раціональних параметрів вібраційної машини.

Дисертація відповідає вимогам п.п. 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор, Горбатюк Руслан Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент,  
професор кафедри експлуатації,  
надійності, міцності та  
будівництва ім. В.Я. Аніловича  
Харківського національного  
технічного університету  
сільського господарства імені  
Петра Василенка,  
доктор техн. наук, доцент

Олексій АЛФЬОРОВ

