

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ОБҐРУНТУВАННЯ СЕПАРУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ІЗ РОТАЦІЙНИМ
ГРУДКОПОДРІБНЮЮЧИМ ПРИСТРОЄМ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання
КИРЖА Олександр Олександрович

Керівник: канд. техн. наук, доцент

БОНЧИК Віталій Семенович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«_____» _____ 20__ р.

Допускається до захисту:

«_____» _____ 20__ р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

м. Кам'янець-Подільський, 2024

ЗМІСТ

	Стор
Завдання на виконання дипломної роботи.....	4
Анотація.....	5
Реферат.....	6
Перелік умовних скорочень, термінів, символів, позначень.....	7
ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ механізованого збирання картоплі на важкосуглинкових ґрунтах.....	11
1.1 Аналіз існуючих конструкцій картоплезбиральних машин та агротехнічні вимоги до них.....	11
1.2 Способи механічного руйнування грудок до сепаруючих розмірів в картоплезбиральних машинах.....	16
1.3 Фактори, які впливають на міцність грудок картопляної грядки та пошкодження бульб.....	19
Висновки і завдання досліджень.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА.....	29
2.1 Обґрунтування технологічної схеми картоплезбирального комбайна.	29
2.2 Розрахунок взаємного розташування робочих органів для руйнування грудок.....	33
2.3 Обґрунтування математичної моделі процесу переміщення частинки ґрунту по робочих поверхнях лопатей вертикального ротора.....	34
2.4Визначення ступеня подрібнення ґрунту лопатями ротора.....	42
Висновки до другого розділу.....	43
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	44
3.2 Опис вимірювального обладнання для проведення експериментальних досліджень.....	51
3.3 Планування експерименту.....	54

Висновки до третього розділу.....	60
4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	61
4.1 Результати польових досліджень.....	61
4.2 Енергетична оцінка процесу роботи машини.....	74
Висновки до четвертого розділу.....	75
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	76
5.1 Безпечність технологічного процесу.....	76
5.2 Вимоги безпеки щодо організації робочих місць.....	77
5.3 Загальні вимоги безпеки під час експлуатації систем, що працюють під тиском.....	78
Висновки до п'ятого розділу	80
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	81
Висновки до шостого розділу.....	86
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
ДОДАТОК А Результати замірів геометричних параметрів профілю картопляної грядки.....	92
ДОДАТОК Б Технічна характеристика інтегруючої приставки ИПД-1.....	94
ДОДАТОК В Методика розрахунку повнофакторного плану експерименту.....	95
ДОДАТОК Г Раціональні режими роботи картоплезбирального комбайна	99
ДОДАТОК З Матеріали комп'ютерної презентації.....	100
ДОДАТОК К Копії опублікованих тез доповідей на конференціях.....	115

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 88 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 3 таблиці, 34 рисунки, 26 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 15 аркушах.

Метою дипломної роботи є розробка конструкції та обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів грудкоподрібнювальних робочих органів картоплезбирального комбайна для підвищення його сепаруючої здатності.

У роботі на підставі теоретичного аналізу запропонований механізований спосіб викопування бульб із поєднанням декількох технологічних операцій, розроблена та виготовлена конструкція картоплезбирального комбайна із ротаційним робочим органом для руйнування грудок, який покращує сепаруючу здатність машини та зменшує трудомісткість виконання технологічного процесу.

Розроблені та виготовлені експериментальна установка і набір змінних робочих органів для проведення лабораторно-польових досліджень, в результаті яких встановлені раціональні конструктивно-технологічні параметри.

Запропоновані перспективні напрямки удосконалення ротаційних робочих органів для руйнування грудок картопляної грядки, здатних працювати при різних ґрунтово-кліматичних умовах.

В результаті розрахунків встановлено, що в умовах виробничої перевірки річний економічний ефект від використання картоплезбирального комбайна становить 167336,73 грн з терміном окупності 0,06 років.

Ключові слова: КАРТОПЛЯНА ГРЯДКА, ГРУДКОПОДРІБНЮВАЛЬНИЙ ОРГАН, КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИЙ КОМБАЙН, РУЙНУВАННЯ ГРУДОК, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі магістра представлено технічне рішення наукової проблеми, яка полягає в обґрунтуванні раціональних конструктивно-технологічних параметрів грудкоподрібнювальних робочих органів картоплезбирального комбайна для підвищення його сепаруючої здатності. Позитивний результат досягається завдяки розробці конструкції картоплезбирального комбайна із ротаційним робочим органом для руйнування грудок, який покращує сепаруючу здатність машини та зменшує трудомісткість виконання технологічного процесу.

ВСТУП

Актуальність теми. Збирання картоплі із використанням сучасної картоплезбиральної техніки на даний час залишається однією з найбільш ресурсозатратних технологічних операцій у сільськогосподарському виробництві. Вітчизняні машини при номінальних умовах експлуатації за показниками роботи не поступаються зарубіжним, але в екстремальних – допускають високий ступінь пошкоджень бульб та низьку сепаруючу здатність.

Особливі труднощі при збиранні картоплі виникають на середніх та важкосуглинкових ґрунтах, де спостерігається незадовільна, а в деяких випадках, неможлива сепарація компонентів картопляної грядки. У таких умовах роботи серійні картоплезбиральні машини допускають значні пошкодження бульб (до 50%), а також низький ступінь сепарації ґрунту, що становить близько 60%.

Основна увага при розробці картоплезбиральних машин приділяється створенню високопродуктивних сепаруючих пристроїв, застосування яких дозволить підвищити якість збирання урожаю, а також зменшити додаткові енергетичні витрати.

Перспективним у цьому напрямку є пошук та конструювання активних робочих органів для руйнування грудок картопляної грядки на початку виконання технологічного процесу, тобто одночасно із підкопуванням суміжних грядок для подальшого механізованого підбору і додаткового струшування на прутковому елеваторі.

У зв'язку з цим розробка і дослідження ротаційних робочих органів для руйнування грудок в картоплезбиральних машинах на початку виконання технологічного процесу є актуальним народногосподарським питанням.

Мета і завдання досліджень Метою роботи є розробка конструкції та обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів грудкоподрібнювальних робочих органів картоплезбирального комбайна для підвищення його сепаруючої здатності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- встановити геометричні параметри профілю картопляної грядки та розміщення бульбоносного гнізда для декількох сортів картоплі;
- розробити технологічну схему картоплезбирального комбайна з використанням ротаційного робочого органу із вертикальною віссю обертання для руйнування грудок картопляної грядки;
- розробити математичну модель переміщення частинки ґрунту по робочих поверхнях лопатей ротора для теоретичного обґрунтування процесу руйнування бульбоносного пласта;
- теоретично встановити вплив конструктивно-технологічних параметрів ротора на ступінь подрібнення ґрунту;
- провести порівняльну оцінку економічної та енергетичної ефективності розробленої конструкції із серійним картоплезбиральним комбайном.

Об'єкт дослідження – картоплезбиральні машини та процес руйнування грудок картопляної грядки.

Предмет дослідження – грудкоподрібнювальні робочі органи картоплекопача та вибір їх конструктивно-технологічних параметрів.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження виконувались із використанням положень теоретичної механіки, методів диференціальних обчислень, математичного моделювання і прикладного програмування. Експериментальні дослідження проводились на спеціально розробленій лабораторно-польовій установці із застосуванням гідроприводу вертикального ротора та тензометричного обладнання, змонтованого на тракторі, а також набору змінних з'єднувальних елементів для встановлення режимів роботи машини. Проведення дослідів здійснювалось із використанням математичного планування багатofакторних експериментів, статистики і теорії ймовірності.

Практичне значення. Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в наступному:

- досліджено вплив конструктивно-кінематичних параметрів ротора на процес руйнування грудок картопляної грядки.
- встановлено основні фактори, які впливають на ступінь сепарації ґрунту при роботі картоплекопача.
- обґрунтовані раціональні режими роботи машини, які забезпечують мінімальні витрати енергії на викопування бульб.

Впровадження результатів дослідження. Результати роботи впроваджені в навчальний процес при постановці лабораторних робіт по дослідженню картоплезбиральної машини.

Особистий внесок здобувача вищої освіти. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Постановка проблеми і задач дослідження та їх аналіз виконаний автором спільно з керівником.

Особисто здобувачем отримано аналітичні залежності для визначення технологічних і конструктивних параметрів грудкоподрібнювальних робочих органів.

Публікації. За матеріалами роботи опубліковано 2 статті у збірниках матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців ЗВО «ПДУ» і Житомирського агротехнічного коледжу у 2024 році.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. У дипломній роботі наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає у підвищенні якості збирання картоплі на середніх та важкосуглинкових ґрунтах за рахунок розробки ротаційних робочих органів для руйнування грудок в картоплезбиральних машинах на початку виконання технологічного процесу. На основі проведених комплексних досліджень, теоретичного обґрунтування та узагальнень запропонований механізований спосіб викопування бульб із поєднанням декількох технологічних операцій, розроблена та виготовлена конструкція картоплезбирального комбайна із ротаційним робочим органом для руйнування грудок, який покращує сепаруючу здатність машини та зменшує трудомісткість виконання технологічного процесу.

2. Вперше складені аналітичні залежності конструктивно-технологічних параметрів вертикального ротора та взаємного розміщення додаткових грудкоподрібнювальних робочих органів картоплезбирального комбайна. Визначені раціональні діапазони діаметра ротора $d_p=0,825\ldots0,92$ м, а також відстані між діаметром ротора та звужувальними решітками $l_2 = 0,16\ldots0,51$ м.

3. Проведений розрахунок витрат енергії на привід ротора встановив, що загальна потужність ротора $N_p=0,8\ldots3,9$ кВт, де кінематичний показник режиму роботи лопатей $\lambda=1,5\ldots8,88$ при $V_m = 0,5\ldots2,0$ м/с, $\omega = 2,09\ldots10,46$ с⁻¹. Визначено ступінь подрібнення ґрунту лопатями ротора в залежності від кінематичних параметрів машини, яка становила $i_p = 3,86\ldots30,48\%$ при $V_m = 0,5\ldots2,5$ м/с.

4. Розроблені та виготовлені експериментальна установка і набір змінних робочих органів для проведення лабораторно-польових досліджень, в результаті яких встановлені раціональні конструктивно-технологічні параметри: діаметр ротора $d_p = 0,825$ м, відстань між ротором та звужувальними решітками $l_2 = 0,3$ м, частота обертання ротора $n_p = 78,5$ хв⁻¹, поступальна швидкість $V_m = 1,85$ м/с.

5. В результаті проведення повнофакторного експерименту складені регресійні залежності, за якими встановлено, що найбільший вплив на параметри оптимізації мають наступні фактори: діаметр ротора та відстань між ротором та звужувальними решітками. На основі аналізу поверхонь відгуку оптимізовані наступні параметри: ступінь сепарації ґрунту $S = 93,5\%$, ступінь пошкоджень бульб $\Pi_6 = 0,97\%$, загальна потужність на агрегування $N_a = 18,27$ кВт, при встановлених значеннях факторів: $n_p = 77,0$ хв⁻¹, $V_m = 2,2$ м/с, $d_p = 0,825$ м, $l_2 = 0,3$ м.

6. Запропоновані перспективні напрямки удосконалення ротаційних робочих органів для руйнування грудок картопляної грядки, здатних працювати при різних ґрунтово-кліматичних умовах. В результаті розрахунків встановлено, що в умовах виробничої перевірки річний економічний ефект від використання картоплезбирального комбайна становить 167336,73 грн з терміном окупності 0,06 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Ружи́ло З.В. Експериментальне дослідження та обґрунтування параметрів сепаратора картопляного вороху/ Вісник аграрної науки, 2020. №7. С.60-66.
2. Васи́ленко Н.В. Теорія коливань. Навч. посібник. Київ: Вища школа, 1992 384с.
3. Васи́ленко П.М., Погорі́лий Л.В. Основи наукових досліджень. Механізація сільського господарства. Навч. посібник. Київ: Вища школа, 1998. 266 с.
4. Войт́юк В.Д. Управління якістю технічного сервісу і сільськогосподарської техніки при постачанні/ Войт́юк В.Д., Рубльов В.І. Київ: Видавництво НАУ, 2005.192с.
5. Войт́юк Д.Г. Сільськогосподарські машини/ Войт́юк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Київ: Урожай, 2004. 446с.
6. ДСТУ 2470 – 94. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення. 1995. 44с
7. ДСТУ 7572:2014 Машини картоплезбиральні. Загальні технічні вимоги. Київ, УкрНДНЦ. 2018. 8 с.
8. ДСТУ 7794:2015 Машини картоплезбиральні. Методи випробування. Київ, УкрНДНЦ, 2016. 14 с.
9. Заї́ка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: “Око ”, 2001. 442 с.
10. Картоплезбиральні машини: (Конструювання і розрахунок)/ Під заг. ред. Л.В. Погорі́лого. Київ: Техніка, 1998. 168 с.
11. Кожевников В.П. Пружні муфти // Механізація сільського господарства. Київ: Техніка, 1994. 126с.

12. Козаченко Б.О., Булгаков В.М., Іщенко В.В., Смолінський С.В., Бондаренко А.Л. Основні напрямки та перспективи створення нових машин для збирання картоплі. Зб. наук. праць НАУ “Механізація сільськогосподарського виробництва”, 1999. Київ: Техніка. 1997. 360 с.
13. Мазнєв Г.Є. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК / Мазнєв Г.Є., Турченко М.М., Щетінін М.Д. Харків: ХДТУСГ, 2001. 401с.
14. Марченко В.І. Сільськогосподарські машини. Київ: Вища школа, 1999. 344с.
15. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.
16. Міненко С.В. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів розрихлювача-вирівнювача вороху картоплезбиральної машини: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кіровоград: 2011. 20с.
17. Погорілий Л.В. Інженерні методи випробувань сільськогосподарських машин. 2-е вид-во., перероб. и доп. Київ: Техніка, 1998. -345с.
18. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі / За ред. Я.К. Білоуска. Київ: ННЦ "ІАЕ", 2007. 215с.
19. Сільськогосподарські та меліоративні машини/ [Войтюк Д.Г., Дубовін В.О., Іщенко Т.Д. та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004, 544с.
20. Смолінський С.В. Обґрунтування доцільності застосування спірального очисника в конструкції дворядного картоплекопача. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць. Київ: НУБіП, 2017. Вип. 21. С.88-92.
21. Скварські Б.Т. Підвищення сепаруючої здатності картоплезбиральної машини за рахунок введення в технологічний процес комбінованого сепаруючого грудкоподрібнюючого ротаційного робочого органа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Мінськ, 1986. 22 с.

22. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки /за ред. В.І.Кравчука, Н.І.Грицишина, С.М.Коваля. Київ: Аграрна наука, 2004. 396с.
23. Труханська О.О. Обґрунтування параметрів і режимів роботи комбінованої системи очистки коренеплодів: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Вінниця, 2015. 20 с.
24. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин. Київ: НМК ВО, 1992. 320 с.
25. Шведик М., Пасаман Б., Сай В. Довгополук В. Аналіз основних конструктивно-кінематичних параметрів роторного картоплекопача. Техніка АПК, 1999, №4. с.12-13.
26. Шумило М. М. Обґрунтування технологічного процесу сепарації ґрунту при підкопуванні картоплі і параметри підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Глеваха, 1994. 22 с.

