

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

Інженерно-технічний факультет

Кафедра технічного сервісу і загально технічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МОЛОТКОВОЇ
ДРОБАРКИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА»**

Виконав(ла):

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання
ТОДОСІЙЧУК Андрій Іванович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент
ПІДЛІСНИЙ Віталій Володимирович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Шкала ECTS _____
« _____ » _____ 2024 р.

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2024 р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович
(підпис)

м. Кам'янець-Подільський, 2024

З М І С Т

	Стор.
Завдання.	4
Анотація.	5
Реферат.	6
Перелік умовних скорочень	7
Вступ.	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ДРОБАРОК ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА	11
1.1. Аналіз способів та технічних засобів, для подрібнення зерна . . .	11
1.2. Класифікація молоткових дробарок.	15
1.3. Огляд конструкцій молоткових дробарок	17
1.4. Аналіз основних робочих органів молоткових дробарок	23
1.5. Класифікація та аналіз живильних пристроїв сипких матеріалів .	25
1.6. Висновки до першого розділу.	29
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРОБАРКИ	30
2.1. Обґрунтування перспективної конструктивно-технологічної схеми молоткової дробарки	30
2.2. Теоретичні дослідження робочого процесу живильного пристрою	33
2.3. Теоретичні дослідження процесу подрібнення	41
2.4. Розрахунок потужності, необхідної для процесу подрібнення. . .	47
2.5. Висновки до другого розділу	49
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ	50
3.1. Програма, методи досліджень	50
3.2. Результати експериментальних досліджень робочого процесу живильного пристрою	52
3.3. Результати експериментальних досліджень роботи	

молоткової дробарки	55
3.4. Висновки до третього розділу	57
РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	59
4.1. Загальні визначення і поняття	59
4.2. Аналіз небезпечних та шкідливих чинників при подрібненні зерна	60
4.3. Заходи по забезпеченню захисту оператора від шкідливих та небезпечних факторів	61
4.4. Правила безпечного виконання робіт при подрібненні зерна . . .	62
4.5. Висновки до четвертого розділу	64
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ДРОБАРКИ	65
5.1. Висновки до п'ятого розділу	67
Загальні висновки по роботі	68
Список використаних джерел.	69
Додатки.	74

ВСТУП

Актуальність теми. Процес подрібнення застосовується в багатьох галузях виробництва, в яких той чи інший матеріал доводиться подрібнювати (молоти). Міра витрат енергії на подрібнення в сумі загальних витрат для різних галузей виробництва коливається в межах від 35% до 70% [1]. Інтенсифікація процесу подрібнення може здійснюватись тільки на підставі глибоких знань як принципу дії машин, так і основних особливостей їх експлуатації. Тому, аналізуючи стан питання в теорії і практиці подрібнення [1,3], можна відмітити, що економічність сучасних подрібнювачів відносно низька, отже наявні резерви у підвищенні їх ефективності. Відомі типи подрібнювальних машин не містять таких елементів, вдосконалення яких привело б до радикального підвищення ефективності робочого процесу подрібнення.

Пошук оптимізації операції подрібнення, як показали дослідження різних вчених, можливий за рахунок застосування найбільш ефективного подрібнювального пристрою.

Аналіз існуючих подрібнювальних машин показав, що основними машинами для подрібнення різних сільськогосподарських матеріалів є молоткові дробарки. Проте їх конструкція та організація робочого процесу мають ряд недоліків, що в свою чергу призводить до зниження продуктивності та витрати енергії при подрібненні зерна. Існуючі в даний час конструкції молоткових дробарок не є досконалими, за рахунок чого знижується їх продуктивність та збільшується енергоємність процесу подрібнення. У зв'язку з цим, підвищення продуктивності та зниження енергоємності процесу подрібнення зерна молотковими дробарками, за рахунок удосконалення їх конструктивно-технологічних параметрів є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Робота за своєю тематикою відповідає напрямкам наукових робіт Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» і виконувалася у відповідності з пріоритетним напрямком наукових досліджень кафедри технічного сервісу і

загальнотехнічних дисциплін інженерно-технічного факультету.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження – полягає у підвищенні продуктивності та зниженні енергоємності процесу подрібнення зерна за рахунок модернізації молоткової дробарки.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні *завдання дослідження*:

1. Провести аналіз існуючих подрібнювачів та розробити конструктивно-технологічну схему нової молоткової дробарки;
2. Виконати теоретичні дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів робочого процесу молоткової дробарки на продуктивність та енергоємність процесу подрібнення;
3. Провести експериментальні дослідження впливу, конструктивно-технологічних параметрів модернізованої молоткової дробарки, на якісні та енергетичні показники готового продукту;
4. Надати оцінку економічних показників роботи модернізованої конструкції молоткової дробарки.

Об'єкт дослідження – є технологічний процес подачі та подрібнення зерна у молотковій дробарці з отриманням готового продукту необхідної крупності.

Предмет дослідження – закономірності впливу конструктивно-технологічних параметрів молоткової дробарки на продуктивність та енергоємність процесу подрібнення зерна.

Методи досліджень. Основні закони механіки твердого тіла, теорії подрібнення, теорії автоматичного керування, теорії моделювання та системного аналізу, чисельні методи розв'язання систем диференціальних та алгебраїчних рівнянь, методи постановки та обробки результатів досліджень.

Практичне значення отриманих результатів – полягає в розробці принципових схем і конструктивних виконань, а також рекомендації щодо рівномірної подачі подрібнюваного матеріалу до його робочих органів, за рахунок чого знижується динамічне навантаження на вал ротора дробарки, що

дозволить знизити енергоємність процесу подрібнення та збільшити продуктивність.

Отримані результати можуть бути використані в навчальному процесі з вивчення питань теорії і методики проектування технологічних процесів здобувачами вищої освіти спеціальностей: “Агроінженерія”, “Харчові технології” ЗВО «Подільський державний університет».

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися й обговорювалися на науково-практичних конференціях ЗВО «Подільський державний університет» у 2023-2024р.

Публікації. Основний зміст роботи опубліковано в 1 друкованій публікації: Тодосійчук А.І., Підлісний В.В. Аналіз способів та технічних засобів для подрібнення зерна // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам’янець-Подільський). – Кам’янець-Подільський, 2024. – 133 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На основі аналізу конструкцій подрібнювальних машин встановлено, що існуючі в даний час конструкції молоткових дробарок мають середню продуктивність та велику енергоємність процесу подрібнення. Рівномірне подання матеріалу до робочих органів дробарки дозволяє підвищити якість подрібнення. З метою виявлення найбільш перспективної конструктивно-технологічної схеми пристрою живлення, встановлено, що живильники барабанного типу з жолобами, виконаними по гвинтовій лінії, будуть найбільш повно задовольняють вимоги.

2. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему молоткової дробарки, що включає, живильний пристрій барабанного типу з жолобами, протилежні сторони яких повернені один відносно одного, та молотки - робоча поверхня яких виконана в вигляді трьох виступів радіуси яких від вершин до осі підвісу рівні. Отримано вирази, для визначення продуктивності запропонованої конструкції живильного пристрою та умови, що дозволяють забезпечити стійку рівновагу молотка, при яких він не відхилятиметься від радіального положення.

3. За результатами експериментальних досліджень було вибрано поздовжнє розташування живильного пристрою відносно вала ротора дробарки при якому величина подачі збільшується на 5...7%, а енергоємність процесу подачі знижується на 7...10 %. Мінімальна енергоємність процесу подачі матеріалу $1,12...1,21 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{кг}$ досягається при частоті обертання $n_n = 60...70 \text{ хв}^{-1}$ і діаметрі D_n барабана живильного пристрою дорівнює $0,05 \text{ м}$, при цьому величина подачі становить $250...300 \text{ кг/год}$.

4. Приведено економічне обґрунтування розробленої дробарки зерна показують, що вона має нижчі значення експлуатаційних витрат в порівнянні з аналогом завдяки вищій продуктивності та меншій потужності на привід. При цьому річна економія експлуатаційних витрат склала $2922,81 \text{ грн.}$ а термін окупності запропонованої конструкції складе $0,96 \text{ роки}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богомолів, О. В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : навч. посібник / О. В. Богомолів, П. В. Гурський, В. П. Богомолів. – Харків : Еспада, 2005. – 432 с.
2. Бойко А. І., Новицький А. В. Підвищення надійності кормодробарок та подрібнювачів. *Механізація сільськогосподарського виробництва*. К. : НАУ, 1997. Т. III. С. 6 – 8.
3. Гвоздєв О. В., Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки*. Вінниця, 2011. №9. С. 143 – 150.
4. Тодосійчук А.І., Підлісний В.В. Аналіз способів та технічних засобів для подрібнення зерна // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2024. – 133 с.
5. ДСТУ 4120-2002. Комбікорми повнораціонні для сільськогосподарської птиці. Технічні умови. Чинний від 01.04.2003. К. : Держспоживстандарт України, 2003. 16 с. (Національний стандарт України).
6. ДСТУ 4397-2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Чинний від 28.04. 2005. К. : Держспоживстандарт України, 2005. 13 с. (Національний стандарт України).
7. Єгоров Б. В., Давиденко Т. М. Вдосконалення підготовки концентрованих кормів при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин. *Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник Ін-ту кормів УААН*. Вінниця, 2008. Вип. 61. С. 135 – 140.
8. Коруняк П. С. Обґрунтування схем і параметрів устаткування ударного подрібнення зерна: автореф. канд. техн. наук: 05.05.11 / Петро Степанович Коруняк ; Львівський державний аграрний університет. Львів, 2000. 20 с.

9. Машины та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Нанка О.В., Полупанов В.М. та ін.; за ред. І.Г. Бойко. – Том 1. – Харків: Видавництво ЧП Черв'як, 2006. – 225 с.

10. Машины та обладнання переробних виробництв: Навчальний посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. та ін. ; за ред. О. В. Дацишин. К. : Вища освіта, 2005. 159 с.

11. 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.

12. Новицький А. В. Оцінка надійності засобів для приготування і роздавання кормів в залежності від умов і режимів експлуатації. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. К. : НУБіП України, 2015. Вип. 253. С. 141 – 148.

13. Новицький А. В. Підвищення безвідказності кормодробарок конструкторсько-технологічними методами на основі структурного аналізу їх надійності: дис. ... кандидата технічних наук : 05.05.11 / Новицький Андрій Валентинович ; Національний аграрний університет. Київ, 2001. 190 с.

14. Новицький А. В., Ружило З. В. Аналіз відмов засобів для приготування і роздавання кормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. К.: НУБіП України, 2015. Вип. 253. С. 253 – 259.

15. Олексієнко В. О. Підвищення ефективності роботи малогабаритних зернових молоткових кормодробарок: дис. ... кандидата технічних наук : 05.05.11 / Олексієнко Вадим Олександрович ; Таврійська державна агротехнічна академія. Мелітополь, 2006. 173 с.

16. Осьмак В. Сучасний стан та перспективи розвитку машин для кормовиробництва. *Збірник наукових праць УкрНДІЛВТ ім. Л. Погорілого*. Дослідницьке, 2009. Вип. 13. С. 259 – 261.

17. Пат. 151961 U Україна, МПК В02С 13/28 (2006.1). Молоток дробарки /

Бончик В.С., Дуганець В.І., Підлісний В.В., Оленюк О.А., Кузьмінська І.М. (Україна) № u 2022 01469; Заявлено 06.05.2022; Опубл. 05.10.2022, Бюл. № 40.– 4 с.

18. Пат. 20890А Україна, МПК В02С 9/00. Молоткова дробарка / В. Г. Погрібний, В. О. Таранюк; заявник і патентовласник Погрібний Володимир Григорович, Таранюк Віталій Олексійович. №96124831; заявл. 24.12.1996; опубл. 07.10.1997, Бюл. №0.

19. Пат. 33720 Україна, МПК В02С 13/00. Молоткова дробарка зернових кормів / І. І. Ревенко, Ю. І. Ревенко; заявник і патентовласник Національний аграрний університет. №u200802455; заявл. 26.02.2008; опубл. 10.07.2008, Бюл. №13.

20. Пат. 49573 Україна, МПК В02С 13/00. Дробарка молоткова / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, Ю. В. Мачок, К. Д. Матвєєв, О. Р. Лузан; заявник і патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. №u200912028; заявл. 23.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.

21. Патент на корисну модель № 104190 Україна, МПК В02С 13/04. Молоткова дробарка / Л.Ф. Бабицький, І.В. Соболевський, В.Є. Кириченко; заявл. 17.01.2012; опубл. 10.01.2014; Бюл. №1.

22. Рожківський М. Ф. Нове покоління молоткових дробарок. Техніка АПК. 2000. №1. С. 12 – 14.

23. Рожківський М. Ф. Розробка наукових основ, створення і впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2006. Вип. 90. С. 324 – 338.

24. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підручник/ І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К.: Кондор, - 2009. – 731 с. Механізація технологічних процесів у тваринництві: Навч. посібник / О.Г. Скляр, Н.І.Болтянська. – Київ: ТОВ «Колор Принт», 2012. – 720 с.

25. Ревенко Ю. І. Удосконалення технологічного процесу і агрегату для приготування комбікормів в умовах господарств: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Юлій Іванович Ревенко ; Національний аграрний університет.

К., 2007. 22 с.

26. Савченко В. М. Розробка молотків кормодробарок з локальним зносостійким покриттям: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Василь Миколайович Савченко ; Кіровоградський національний технічний університет. Кіровоград, 2008. 20 с.

27. Соломка О. В. Аналіз процесу подрібнення зернових матеріалів. *Вісник Харківського національного технічного університету ім. Петра Василенка*. Харків, 2009. Вип. 78. С. 132 – 140.

28. Соломка О. В. Обґрунтування параметрів та режимів роботи ротаційного подрібнювача зерна: дис. ... кандидата технічних наук: 05.05.11 / Соломка Олексій Валерійович ; Національний університет біоресурсів і природокористування України. К., 2013. 206 с.

29. Семенов О. М. Дослідження будови, роботи та використання подрібнювачів кормів для сільськогосподарських тварин [Текст] / О. М. Семенов, С. В. Єрмаков, В. В. Підлісний ; Подільський держ. агр.-техн. ун-т – Кам'янець – Подільський : ПДАТУ, 2017. – 40 с.

30. Сухенко Ю. Г., Сухенко В. Ю., Хоменко С. В. Підвищення довговічності робочих органів дробарок для зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. К. : НУБіП України, 2010. Вип. 144. Ч.5. С. 260 – 267.

31. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: Навч. посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю, Гвоздев В. О. ; за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова Книга, 2009. 488 с.

32. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв. Лабораторний практикум для студентів інженерних спеціальностей [Текст] / [І. М. Бендера, О. М. Семенов, О. Я. Стрельчук, та ін.]. – Кам'янець – Подільський : Абетка, 2008. – 120 с.

33. Машина, обладнання та їх використання в тваринництві: методичні вказівки / Таврійський державний агротехнологічний університет, 2012. 50 с.

34. Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Дробарка прямого удару з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення. *Техніка і технологія АПК* :

науково-виробничий журнал. К., 2011. №12 (27). С. 7 – 10.

35. Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Обґрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2010. Вип. 10. Т.3. С. 23 – 35.

36. Ялпачик В.Ф. Машины, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, В.О. Олексієнко, Ф.Ю. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздєв, В.Г. Циб, Н.О. Паляничка, В.І. Шевченко, Ю.О. Борхаленко, С.Ф. Буденко. – Мелітополь.: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2015. –197 с.

37. Ялпачик В. Ф., Самойчук К. О., Буденко С. Ф. Моделювання процесів у робочій камері пальцевої зернової дробарки. *Процеси і апарати харчових виробництв*. К. : Наукові праці НУХТ, 2015. Т.1. С. 134 – 141.

38. Інформаційний сайт ООО «ВП Дилис». URL: <http://dilis.prom.ua/p20916673-vlagomer-zerna-semyan.html> (дата звернення: 23.07.2015).

39. Каталог продукції віртуальної виставки «Нестор». URL: <http://www.nestorexpo.com/belagro/index.pl?act=PRODUCTS&actid=oborudovanie+dlya+proizvodstva+kombikorma> (дата звернення: 18.02.2014).

40. Продукція компанії ООО «МикоТрейд». URL: <http://himel.prom.ua/p27376942-zernodrobilka-himel-serii.html> (дата звернення: 20.02.2014).

41. Каталог продукції компанії «KITTRADE». URL: <http://www.kittrade.com.ua/?page=zernodrobilki/zernodrobilki> (дата звернення: 20.02.2014).

42. <https://agrovektor.com/ua/category/11379-molotkovye-drobilki.html>