

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів одноступінчатого
подрібнювача соковитих кормів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-19
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Громов Костянтин Олексійович

Керівник: _____ Гаврильченко Олександр Степанович

Рецензент: _____ Луц Павло Михайлович

Дніпро, 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

МВІТ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Громов Костянтин Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
одноступінчатого подрібнювача соковитих кормів

керівник роботи Гаврильченко Олександр Степанович, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі тваринництва та
існуючих засобів подрібнення соковитих кормів. Патентний пошук, аналіз
літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Сучасний стан механізації технологічного процесу подрібнення соковитих кормів.

2. Теоретичне дослідження технологічного процесу подрібнення соковитих кормів.

3. Програма та методика експериментальних досліджень подрібнювача соковитих

кормів. 4. Результати експериментальних досліджень подрібнювача. 5. Охорона праці та

безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність застосування

одноступінчастого подрібнювача соковитих кормів. Висновки. Список використаних

джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуша, А4)
4. Охорона праці (1 аркуш, А4). 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гаврильченко О.С., доцент		
2	Гаврильченко О.С., доцент		
3	Гаврильченко О.С., доцент		
4	Гаврильченко О.С., доцент		
5			
6			

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис)

Громов К.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гаврильченко О.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Громов К.О. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів одноступінчатого подрібнювача соковитих кормів. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація тваринництва»). ДДАЕУ, Дніпро, 2020.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз стану питання дав змогу обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичні дослідження технологічного процесу подрібнення соковитих кормів. В результаті експериментальних досліджень обґрунтуванні параметри і режими роботи подрібнювача соковитих кормів. Досліджено вплив режимів роботи подрібнювача на продуктивність, енергоємність і якість подрібнення. Проведено дослідження розробленої конструкції з точки зору охорони праці. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: соковиті корми, подрібнення, приготування, параметри, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ	10
1.1 Вимоги до процесу подрібнення і подрібнювачів коренеплодів	10
1.2 Аналіз способів подрібнення коренеплодів	11
1.3 Аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів коренеплодів	14
1.4 Висновки з розділу. Мета і завдання досліджень	22
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ	24
2.1 Модель функціонування подрібнювача коренеплодів	24
2.2 Визначення площі силового контакту деформуючої і деформованої площин	28
2.3 Продуктивність подрібнювача коренеплодів	36
2.4 Висновки з розділу	39
3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА СОКОВИТИХ КОРМІВ	40
3.1 Мета, завдання і програма експериментальних досліджень	40
3.2 Будова і принцип роботи подрібнювача	41
3.3 Висновки до розділу	48
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА	50
4.1 Обґрунтування параметрів і режимів роботи подрібнювача.....	50
4.2 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на продуктивність	50
4.3 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на енергоємність	55
4.4 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на середньозважену довжину частинок	56
4.4 Висновки з розділу.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	

СИТУАЦІЯХ	59
5.1 Охорона праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача соковитих кормів	59
5.2 Забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача	65
5.3 Розрахунок захисного заземлення подрібнювача	67
5.4 Дії в надзвичайних ситуаціях в кормоцеху	69
5.5 Висновки з розділу.....	73
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	
ОДНОСТУПІНЧАСТОГО ПОДРІБНЮВАЧА СОКОВИТИХ КОРМІВ	74
6.1 Розрахунок економічної ефективності застосування одноступінчастого подрібнювача коренеплодів	74
6.2 Висновки з розділу.....	76
ВИСНОВКИ	77
Список використаних джерел	79
Додатки	85

ВСТУП

Створення стійкої кормової бази в тваринництві України є важливим завданням вітчизняного сільського господарства. Вирішенню цього завдання сприяє вдосконалення технологій заготівлі, приготування та зберігання кормів, а також підвищення ефективності роботи кормоприготувальних техніки, що дозволяє переробити в якісний корм практично весь біологічний урожай більшості кормових культур.

Науково обґрунтовані раціони годівлі та якість корму є основою високої продуктивності тварин і зниження собівартості продуктів тваринництва [1].

Велике значення в раціоні сільськогосподарських тварин і птахів займають соковиті корми, частка яких досягає 40–70 % за поживністю і 70–85 % по масі, причому до 50 % їх кількості складають коренеплоди цукрових та кормових буряків [2]. Зміст коренеплодів в раціонах для свиней становить 25–60 % [4], для ВРХ – більше 70 % [5]. Коренеплоди є цінним джерелом вітамінів, мікроелементів, вуглеводів і якісної води [6, 7]. Коренеплоди нормалізують перетравність і засвоюваність поживних речовин корму, збільшують утворення бактеріального білка і використання протеїну корму. Згодовування тваринам коренеплодів позитивно впливає на процес травлення, вони стимулюють лактацію, забезпечують необхідну кількість цукру в раціонах [7].

Однією з найбільш трудомістких операцій приготування кормів до згодовування сільськогосподарським тваринам і птиці є подрібнення. Необхідність подрібнення коренеплодів до певної міри для тварин і птиці пов'язана не лише зручністю їх поїдання, але й можливістю змішування їх з іншими кормами при отриманні кормосумішей. Подрібнені коренеплоди краще і швидше пропарюються, легше і точніше дозуються і дозволяють більш ефективно використовувати корисний об'єм засобів механізації для їх транспортування і роздачі [6].

Більшість подрібнювачів мають низку недоліків, таких як: значна енергоємність процесу подрібнення, велика матеріаломісткість, складність в регулюванні, істотна втрата соку при подрібненні коренеплодів [6, 7].

Поряд з цими недоліками є висока вартість подрібнювачів. Все це призводить до того, що дрібні сільськогосподарські підприємства не здатні купувати кормоприготувальну техніку, а великі – змушені купувати іноземну техніку, оскільки вона більш економічна й надійна.

Тому в даний час актуальним завданням є забезпечення тваринницького комплексу України нової вітчизняної кормоприготувальної техніки, в тому числі і подрібнювачів коренеплодів.

Для реалізації цього завдання необхідне більш глибоке вивчення технологічного процесу подрібнення кормових культур, в тому числі і коренеплодів, а також способів зниження енерго- і матеріалоємності при цьому процесі [10].

1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ

1.1 Вимоги до процесу подрібнення і подрібнювачів коренеплодів

Найбільш простим способом підготовки коренеплодів до згодовування тваринам, є подрібнення. Подрібненням називається процес поділу твердого тіла на частини шляхом додатка зовнішніх сил, що перевершують сили молекулярного зчеплення. Подрібнений корм швидше і легше перетравлюється в тваринному організмі [12].

Подрібнення кормів також забезпечує підготовку їх до подальшої обробки – змішування, примастки, запарювання, вапнування, хімічній обробці, гранулювання, брикетування і т.д. [12].

Під якістю корму розуміється сукупність властивостей, що задовольняють потреби сільськогосподарських тварин [12].

Про якість корму судять за результатами органолептичної оцінки, хімічного аналізу, змістом перетравлюваних поживних речовин, якісному класу і поїдання [12, 14]. До факторів, що визначають якість корму, відносяться: запах, смакові властивості, калорійність, фізична форма, зміст сухої речовини, забрудненість, наявність шкідливих домішок або отруйних рослин.

Смак і запах є важливими властивостями корми, завдяки їм він може бути пізнаний тваринами і з'їдений. Запах корму надають ароматичні, а смак – розчинні у воді речовини [12].

Подрібнювачі коренеплодів повинні відповідати таким зоотехнічним вимогам:

– виробляти подрібнення коренеплодів на частинки певного розміру: для молочних ВРХ і овець – 10 – 15 мм, для свиней і молодняку ВРХ – 5 – 10 мм, птиці - 3 - 4 мм;

– забезпечувати механізовану завантаження і вивантаження продукту;

– виробляти подрібнення коренеплодів не більше, ніж за 1 - 2 години до

годування тварин;

– забезпечувати мінімальну втрату соку і однорідність розміру часток при подрібненні;

– бути простими в експлуатації, надійними і безпечними в роботі;

– забезпечувати вільний доступ до робочих органів для їх регулювання і обслуговування.

1.2 Аналіз способів подрібнення коренеплодів

Підготовка коренеплодів до згодовування потребує вирішення низки завдань. Найбільш важливими з яких є: якість подрібненого матеріалу і енергоємність процесу, на що істотно впливає спосіб подрібнення [15]. Тому важливо знати, який спосіб подрібнення коренеплодів дозволить знизити енергоємність процесу подрібнення при необхідній якості подрібненого матеріалу.

За родом рушійної сили можна виділити ручної і механізований способи подрібнення коренеплодів.

По виду впливу на коренеплід виділяють: розчавлювання, перетирання, різання, удар (рубку) і комбінований спосіб подрібнення. Вибір того чи іншого способу залежить від розміру часток і механіко-технологічних властивостей подрібнюють коренеплодів. Для руйнування коренеплодів зовнішні сили повинні подолати внутрішні сили взаємного зчеплення частинок. При цьому виконується робота, визначення величини якої є однією з головних задач в теорії подрібнення [12]. Ця робота витрачається на об'ємну деформацію подрібнювального матеріалу, в тому числі і коренеплодів і створення нових поверхонь при зменшенні розміру шматків [12].

При оцінці способу подрібнення і конструювання робочих органів подрібнювачів коренеплодів, перш за все, слід враховувати механіко-технологічні властивості подрібнювального матеріалу, а вивчати необхідно такі способи впливу на коренеплоди, при яких їх руйнування може бути досягнуто при

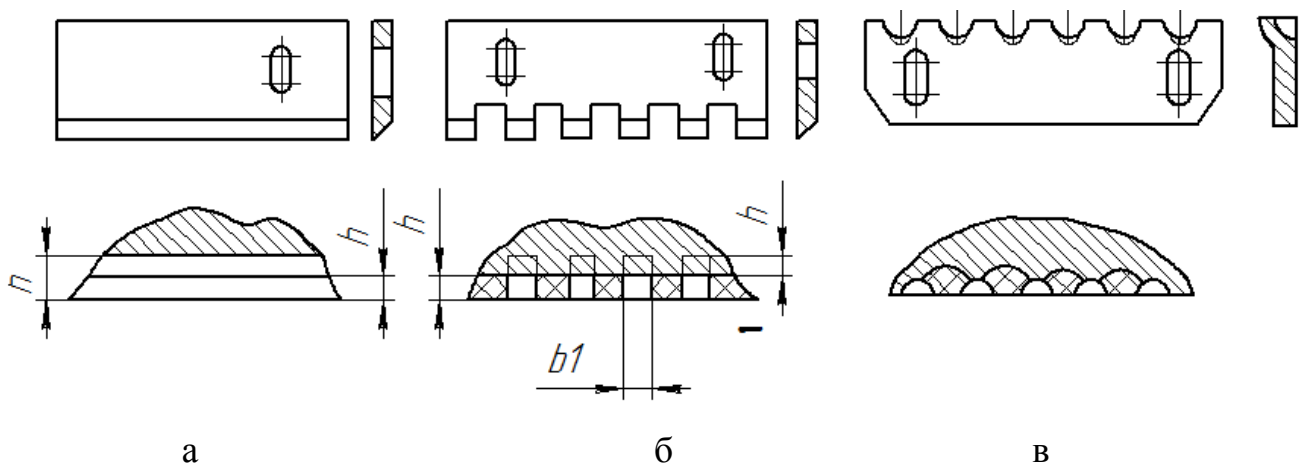
найменших витратах енергії і часу.

В основному для подрібнення коренеплодів застосовують ножові і дискові робочі органи через поліпшеної якості переробки та малих витрат енергії при подрібненні [11].

Подрібнювачі коренеплодів за формою робочого органа підрозділяються на дискові, барабанні та лопатеві-відцентрові; по розташуванню ножів щодо продукту - вертикальні і горизонтальні [12].

У дискових і барабанних подрібнювачів коренеплодів процес різання відбувається за рахунок руху ножів щодо шару продукту, а у відцентрових - в результаті підведення шару продукту до встановленим нерухомо ножів.

Основні види ножів, що застосовуються в подрібнювачах коренеплодів, показані на рис. 1.1.



а – прямий ніж із суцільним лезом; б – прямий ніж з гребінчастим лезом;

в – совочкоподібний ніж

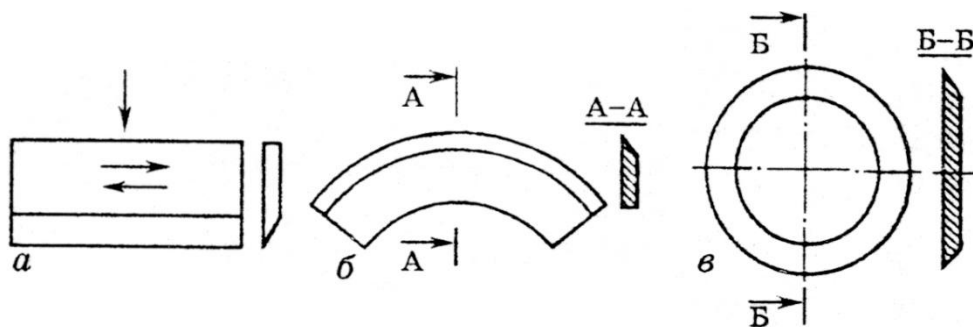
Рисунок 1.1 – Типи ножів подрібнювачів коренеплодів

Плоский ніж із суцільним лезом здатний відокремлювати стружку у вигляді широких скибок товщиною h , що залежить від установки ножа відносно площини диска або барабана, шириною b , що дорівнює ширині продукту, і довжиною b_1 , що досягає довжини частинок продукту.

Гребінчастий ніж відрізає стружку у вигляді вузьких смужок шириною b_1 рівній ширині гребеня, товщиною h , що дорівнює висоті установки, і довжиною l ,

що дорівнює довжині частинок продукту. Гребінчасті ножі закріплюють на диску або барабані зі зміщенням по довжині один щодо іншого на величину, рівну ширині b_1 гребеня. При такій установці гребені першого ножа знімають стружку шириною b_1 і товщиною h , а гребені другого ножа зрізають залишаючи виступи.

У подрібнювачах коренеплодів використовуються ножі різних форм рис. 1.2 [16].



а – з прямим лезом; б – з криволінійним лезом; в – лезо в формі диска

Рисунок 1.2 – Основні форми леза ножів

Ножі виготовляють з інструментальної сталі У9 або марганцевистої 65Г і 70Г. Згідно ГОСТ 441-58 кут заточки прямого ножа дорівнює $18-25^\circ$. Товщина ріжучої кромки леза не повинна перевищувати 0,1 мм. Робочу частину ножа гартують на ширину 20–25 мм [13]. Криволінійні ножі в поєднанні з дисковим подрібнювальним апаратом забезпечують найменші втрати енергії при різанні коренеплодів [12].

Подрібнення коренеплодів роздавлюванням покладено в основу роботи вальцових подрібнювачів, які дозволяють подрібнювати коренеплоди до пастоподібного стану, але вимагають великих витрат енергії, а подрібнений матеріал не відповідає зоотехнічним вимогам що ставляться до подрібнення коренеплодів [13].

Рубка коренеплодів відбувається в барабанних подрібнювачах з прямою установкою ножів [14]. Цей спосіб також вимагає значних витрат енергії, використання важких ножів, потреби в складних механізмах подачі коренеплодів в зону подрібнення.

Подрібнення різнання здійснюється в таких машинах як: шнекові, барабанні, дискові, ножові [12]. Такі конструкції менш енергоємні, ніж машини, в яких подрібнення здійснюється за рахунок роздавлювання або рубки.

Найбільш раціональним способом подрібнення є різнання з ковзанням, але іноді використання цього способу тягне за собою ускладнення конструкції подрібнювача або його робочого органу, тому необхідний більш докладний аналіз відповідних конструкцій подрібнювачів коренеплодів з метою розробки машини, що забезпечує якісне подрібнення коренеплодів з високою продуктивністю, мінімальними енерго- і матеріаломісткістю.

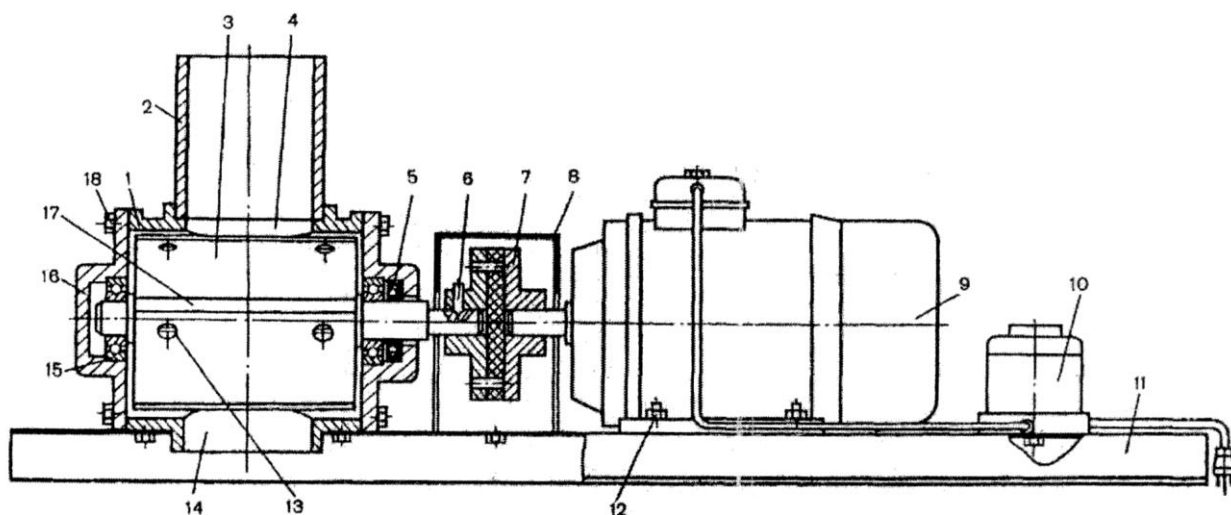
1.3 Аналіз існуючих конструкцій подрібнювачів коренеплодів

Серед машин і обладнання, що застосовуються для приготування кормів подрібнювачі коренеплодів є одними з найбільш масових [9]. Однак, незважаючи на значну кількість їх марок, в конструкції практично використовуються тільки два види робочих органів – ножові і терткові [9]. Ножові є литі або штамповані диски з різною кількістю вікон (від 2 до 8), в кожному з яких розміщено по одному плоскому або фігурному ножові. Ножі мають суцільні або борінчасті леза. Терткові робочі органи виконані у вигляді дискових, циліндричних або конічних поверхонь з листового матеріалу з виштампуваними тертковими отворами [9]. Нижче розглядаються основні типи подрібнювачів.

Найбільш поширені подрібнювачі з робочим органом у вигляді вертикального ножового або тертковим диска, що встановлюється на вал електродвигуна. При цьому спрощується конструкція, знижуються матеріаломісткість і витрати на виготовлення машини, полегшується її технічне обслуговування [8]. Поряд з цим випускаються подрібнювачі з окремо розміщеними робочим органом, що з'єднується з електродвигуном за допомогою муфти, що усуває поломки при попаданні сторонніх предметів [8]. Подрібнювачі коренеплодів характеризуються порівняно малою потужністю приводу і достатньої продуктивністю [8]. Однак висока частота обертання робочих органів

призводить до переподрібнення коренеплодів при використанні їх в корм для великої рогатої худоби.

Подрібнювач коренебульбоплодів ІК-100 виконаний з алюмінієвого корпусу, всередині якого розміщений ножовий вал-барaban, з'єднаний фрикційної муфтою з електродвигуном приводу (рис. 1.3). Спосіб подрібнення - рубка [8, 17].



1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – ножовий вал барабан; 4 – завантажувальний вікно; 5 – сальник; 6 – гвинт; 7 – фрикційна муфта; 8 – огороження; 9 – електродвигун; 10 – пусковий пристрій; 11 – підстава; 12 – болт кріплення; 14 – вивантажний вікно; 15 – підшипник; 16 – кришка корпусу; 17 – ніж

Рисунок 1.3 – Подрібнювач коренебульбоплодів ІК-100

Алюмінієвий ножовий вал-барaban має чотири розміщених по окружності поздовжніх паза, в кожному з яких встановлений ріжучий ніж подрібнювальний коренеплоди.

Конструкція має невеликі габаритні розміри, малу споживану потужність, невелика вага деталей і слабку інтенсивність окисного процесу деталей [9, 17].

Недоліки подрібнювача такі: малі розміри завантажувального патрубку і незначна зона взаємодії ножів з подрібнювальним матеріалом. Внаслідок малих розмірів патрубку і завантажувального вікна необхідно попередньо розрізати коренеплоди на дрібні частини, а при роботі подрібнювача потрібні постійна

присутність людини і безперервна подача шматків коренеплодів. При цьому конструкція барабана не дозволяє відрізанам часткам переміщатися безпосередньо на прохід, ніж погіршуються умови подрібнення. Відрізана частка коренеплоду залишається під ножем барабана, що перешкоджає подальшому впливу ножа на коренеплід. При незначному затупленні ножів, негативний вплив зазначених недоліків на технологічний процес збільшується.

Коренерізка КЕП-Т-2 відрізняється від КЕП-Т-1 робочим органом у вигляді литого диска з чотирма вікнами, в кожному з яких двома болтами прикріплений ніж. Електродвигун встановлений на платформі на місці кошики для коренебульбоплодів, а корпус коренерізки закріплений до фланця двигуна. У платформі передбачені отвори для кріплення її до будь-якої горизонтальній поверхні [8, 17].

Перевагами коренерізки КЕП-Т-1 є: велика продуктивність при незначній потужності електродвигуна; простота конструкції робочого органу; наявність кошики для підготовлених до подрібнення коренебульбоплодів; застосування підставки, що дозволяє в будь-який час перемістити і швидко встановити Коренерізка без додаткового її кріплення.

До недоліків відносять: відсутність регулювання крупності подрібненого матеріалу і невеликі розміри завантажувального бункера і вікна, що вимагає попереднього розрізання великих коренів на частини.

Корморізка побутова «Еоліта» відрізняється високою культурою виготовлення. Всі основні деталі, за винятком ножів, кріплення і електрообладнання, виконані з алюмінієвого лиття з наступною механічною обробкою.

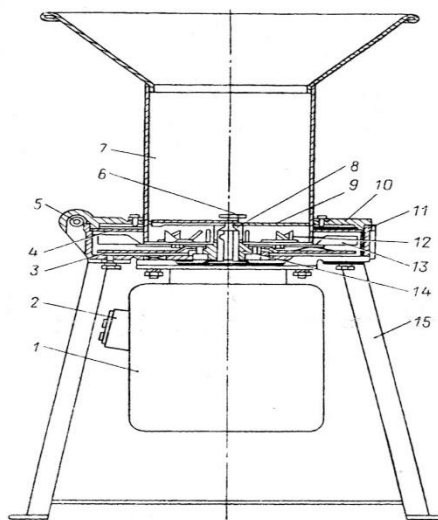
Конструкція дозволяє легко знімати і встановлювати бункер протягом 1 - 2 с, забезпечуючи при цьому необхідну герметичність камери подрібнення [9].

На валу електродвигуна встановлено робочий орган у вигляді вертикального диска з чотирма радіальними ножами довжиною 180 мм, кожен з яких прикріплений до диска трьома болтами. Конструктивне рішення завантажувального бункера поряд з достатньою довжиною ножів забезпечує

подрібнення коренебульбоплодів, як правило, без попереднього розрізання їх на частини. Досягається Коренерізка продуктивність і можливість подрібнення цілих коренебульбоплодів дозволяють використовувати корморізку у невеликих підсобних господарствах, при цьому значно знижується трудомісткість приготування кормів.

З недоліків можна відзначити малий діапазон регулювання крупності подрібненого матеріалу не дозволяє отримання крупноподрібненого продукту, використовуваного при згодовуванні ВРХ. Крім того, в процесі роботи можливо залягання подрібнювального матеріалу в верхніх кутах робочої камери, однак зручність розбирання і очищення коренерізки робить останній недолік несуттєвим.

Коренерізка КПИ-4 (рис. 1.4) призначена для подрібнення коренеплодів в індивідуальних господарствах і на малих фермерських господарствах [17]. Машина випускається в двох виконаннях: основне виконання КПИ-4 призначений для грубого (великого); а КПИ-4-1 – для дрібного подрібнення корму. Обидві машини стаціонарні, відцентрові з ножами для подрібнення [17].



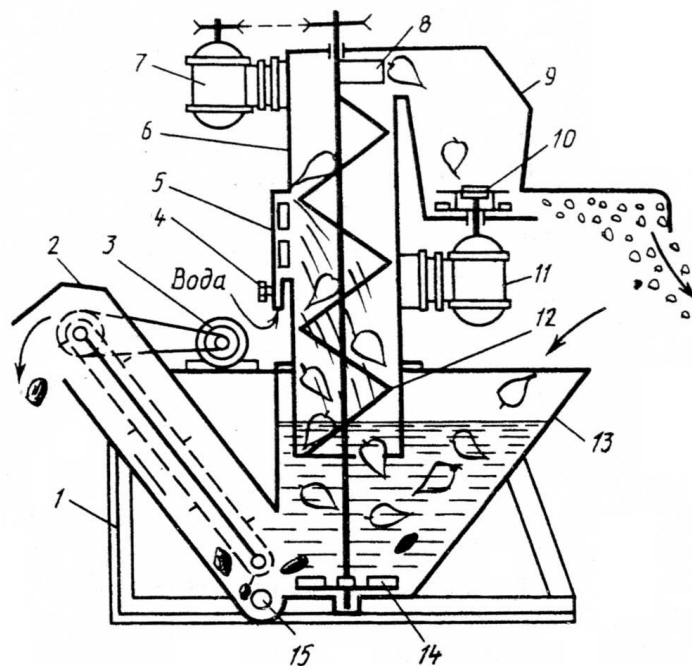
1 – електродвигун; 2 – магнітний пускач; 3 – швирялка; 4 – дека; 5 – палець шарніра; 6 – спеціальний болт; 7 – бункер; 8 – маточина верхнього диска; 9 – верхній диск з ножем; 10 – кришка камери; 11 – корпус камери; 12 – вертикальні ножі; 13 – лопаті нижнього диска; 14 – маточина швирялки; 15 – станина

Рисунок 1.4 – Коренерізка КПИ-4

Вони мають два диска зі змінними ножами, що дозволяє отримати більш широкий діапазон крупності подрібненого матеріалу в залежності від виду тварин.

До недоліків відноситься: машина призначена для подрібнення корму одного виду тварин (тобто при замовленні машини вказують, в якому виконанні потрібно поставити в господарство).

Подрібнювач-каміннявловлювач мийка ІКМ-5 (рис. 1.5) [19] призначений для очищення коренебульбоплодів від каменів, їх миття і подрібнення на частинки розміром до 10 мм (для свиней) або скибочки товщиною до 15 мм (для ВРХ).



1 – рама; 2 – транспортер; 3, 7, 11 – електродвигуни; 4 – вентиль;
5 – душовий пристрій; 6 – кожух; 8 – викидач; 9 – кришка подрібнювального апарата; 10 – подрібнювальний апарат; 12 – шнек мийки; 13 – ванна; 14 – диск-крилач; 15 – люк

Рисунок 1.5 – Схема подрібнення коренебульбоплодів ІКМ-5

ІКМ-5 агрегатується з транспортерами-живильниками ТК-5 або ТК-5Б, а

також може бути використаний як самостійна машина при установці в утеплених приміщеннях, обладнаних водопроводом і простою системою каналізації. Подрібнювач має три робочих органу: мийний шнек з електродвигуном потужністю 2,2 кВт; подрібнювальний апарат дискового типу з електродвигуном потужністю 7,5 кВт; транспортер, що приводиться в роботу від мотора-редуктора з електродвигуном потужністю 0,8 кВт. Розмір частинок при подрібненні регулюють зміною частоти обертання ріжучих дисків.

З цією метою подрібнювач обладнаний двоступінчастим електродвигуном, який має частоту обертання 465 хв^{-1} при потужності 3,8 кВт і 920 хв^{-1} при потужності 7,5 кВт [19]. Недоліки такої конструкції: велика матеріаломісткість; велике споживання енергії; великі габаритні розміри; потрібно водопровід; потрібно каналізація для відведення води.

Для узагальнення аналізу подрібнювачів коренеплодів з електроприводом виділимо основні їх недоліки: висока частота обертання робочих органів призводить до деякого переподрібнення коренеплодів при використанні їх в корм для великої рогатої худоби; нерегульований розмір часток подрібненого продукту (доводиться встановлювати заново ножі робочих органів); конструкції енергоємні та металоємні і володіють великими габаритними розмірами.

Провівши огляд конструкцій подрібнювачів виділимо їх основні недоліки:

- продуктивність більшості універсальних подрібнювачів кормів при подрібненні деяких видів кормів значно нижче, ніж спеціальних подрібнювачів;
- середній розмір часток подрібненої маси подрібнювачів МСБ-1 і Е-270 не відповідає зоотехнічним вимогам для згодовування ВРХ;
- подрібнювачі ІКУ-Т-4 і ІКУ-Т-5 мають відхилення від зоотехнічних вимог при подрібненні коренеплодів;
- подрібнювачі МСБ-1 і Е-270 мають велику матеріаломісткість;
- перебудова більшості універсальних подрібнювачів для виконання різних операцій займає чимало часу і ускладнена поганий доступністю до змінним робочим органам.

Істотним недоліком існуючих малогабаритних подрібнювачів кормів є їх

низька універсальність, мала місткість завантажувального бункера і недостатні розміри завантажувального вікна у більшості конструкцій, що викликає необхідність попереднього розрізання коренеплодів на частини; в деяких конструкціях немає можливості регулювання крупності подрібнюють частинок; в подрібнювачах коренеплодів з електроприводом через високу частоти обертання робочих органів присутній дрібність коренеплодів, що призводить до зайвої втрати соку.

Аналіз існуючих конструкцій дозволив зробити висновок про те, що новий подрібнювач коренеплодів повинен відповідати таким вимогам:

– конструкція подрібнювача коренеплодів повинна забезпечувати можливість швидкої і легкої заміни зношених частин, особливо робочих органів і їх елементів;

– конструкція подрібнювача коренеплодів повинна забезпечити швидке і легке зміна крупності подрібнених частинок;

– подрібнений матеріал необхідно негайно видаляти з камери подрібнення, для того, щоб уникнути дрібності і втрат соку, а також зайвих витрат енергії;

– подрібнювач повинен володіти мінімальною питомою матеріаломісткістю і енергоємністю;

– подрібнена маса не повинна втрачати сік, більш ніж регламентовано зоотехвимогами.

Цим основним вимогам задовольняють подрібнювачі КПИ-4; ІКБ-1; ІКМ-Т-0,8. Для виявлення кращої з них (прототипу) була проведена їх багатокритеріальну оцінку.

Порівняльну оцінку подрібнювачів коренеплодів можна провести за питомою енерго- і матеріалоємності, і кількістю ступенів подрібнення.

Питому енергоємність можна визначити за відомою формулою [30]:

$$E = \frac{N}{Q}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (1.1)$$

де N – потужність, потрібна на привід подрібнювача, кВт;

Q – продуктивність подрібнювача, т/год.

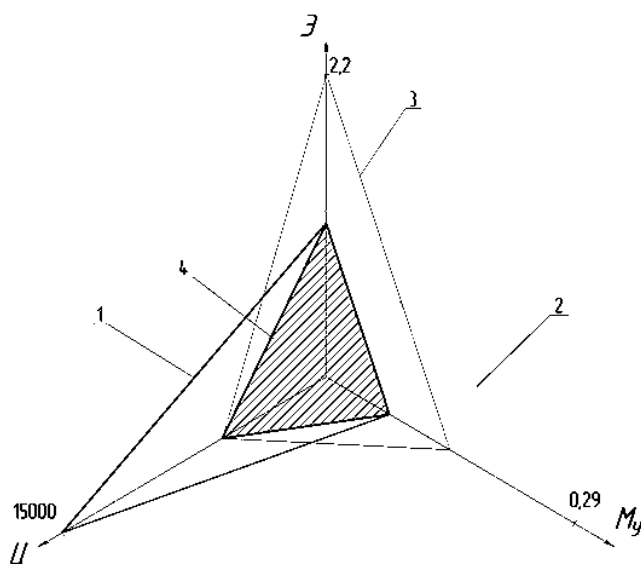
Питому матеріаломісткість можна визначити за відомою формулою [30]:

$$M_y = \frac{M}{Q}, \text{ кг} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (1.2)$$

де M – маса подрібнювача, кг;

Q – продуктивність подрібнювача, т/год.

На основі порівняльної оцінки технічних характеристик були відібрані три подрібнювача коренеплодів (КПИ-4, ИКБ-1, і ИКМ-Т-0,8), і проведена їх багатокритеріальну оцінку відповідно до методики обґрунтування конструктивно-технологічних схем викладених в [24]. Багатокритеріальна оцінна модель представлена на рис. 1.6.



1 – КПИ-4; 2 – ИКБ-1; 3 – ИКМ-Т-0,8; 4 – ідеал.

Рисунок 1.6 – Багатокритеріальна оцінювальна модель подрібнювачів коренеплодів

Оцінка проведена за узагальненим коефіцієнтом відстані до мети [24]:

$$\mu_0 = S_C/S_O \geq 1, \quad (1.3)$$

де S_C – площа на оціночній моделі порівнюваних подрібнювачів коренеплодів, м²;

S_O – площа на оціночній моделі ідеального подрібнювача коренеплодів, м².

Певні узагальнені коефіцієнти відстані до цілі представлені в табл. 1.1.

Багатокритеріальна оцінка показала, що найкращим з оцінюваних

подрібнювачів є КПИ-4. Він може бути прийнятий за прототип при розробці нового, більш ефективного подрібнювача коренеплодів.

Таблиця 1.1 – Критерії оцінки і узагальнений коефіцієнт відстані до цілі

Показник	Марка машини		
	КПИ-4	ИКБ-1	ИКМ-Т-0,8
Питома енергоємність подрібнювача E , Вт · год/кг	1,12	1,5	2,2
Питома матеріаломісткість подрібнювача M_v , кг · год/кг	0,074	0,29	0,144
Вартість машини Ц, грн.	15000	12160	5900
Узагальнений коефіцієнт відстані до цілі μ_0	2,09	4,19	2,5

Для більш повного дослідження існуючих способів і пристроїв подрібнювачів коренеплодів необхідно провести аналіз наукових робіт з дослідження технологічного процесу подрібнення коренеплодів.

1.4. Висновки з розділу. Мета і завдання досліджень

На основі проведеного аналізу існуючих способів подрібнення коренеплодів, конструкцій подрібнювачів і наукових робіт з дослідження технологічного процесу подрібнення коренеплодів можна зробити наступні висновки:

1. В даний час сільське господарство України потребує подрібнювачів, які забезпечують ефективне виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів.

2. При розробці нових конструкцій подрібнювачів коренеплодів необхідно враховувати механіко-технологічні властивості подрібнювального матеріалу і зоотехнічні вимоги до подрібнювача.

3. Найбільш раціональним способом подрібнення коренеплодів є ковзаюче різання, подальше вдосконалення цього способу вимагає оптимізації конструкції ножів або подрібнювального апарата в цілому.

4. Аналіз переваг та недоліків існуючих конструкцій подрібнювачів

коренеплодів вказує на доцільність розробки нового подрібнювального апарата, здатного поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

5. Найбільш перспективним для подальшого дослідження є дисковий подрібнювальний апарат з криволінійними ножами.

6. Підвищити ефективність технологічного процесу подрібнення коренеплодів дисковим подрібнювачем можна шляхом вдосконалення конструкції ножів здатних поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів, шляхом розробки і використання подрібнювача робочий орган якого дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

1. На основі аналізу визначено шляхи підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів подрібнювачем, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

2. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему подрібнювача коренеплодів, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

3. Теоретично обґрунтовано технологічний процес подрібнення і параметри робочих органів подрібнювача, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

4. Експериментально досліджено енергетичні та якісні показники роботи і підтверджено результати теоретичних досліджень.

5. Надано техніко-економічну оцінку розробленого подрібнювача.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СОКОВИТИХ КОРМІВ

2.1 Модель функціонування подрібнювача коренеплодів

Метою теоретичних досліджень є математичне обґрунтування технологічного процесу подрібнення і визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів робочих органів подрібнювача коренеплодів, робочий орган якого дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Аналіз існуючих способів подрібнення і конструкцій подрібнювачів коренеплодів дозволив розробити більш повну їх класифікацію. Аналіз переваг і недоліків подрібнювачів показав, що найбільш перспективними для подальших досліджень є дисково-ножові подрібнювачі. В даний час розроблено велику кількість їх конструктивних виконань.

Перед нами була поставлена задача - вибрати раціональну конструктивно-технологічну схему подрібнювача, яка б забезпечувала мінімальну енергоємність процесу подрібнення і необхідну високу якість подрібненого матеріалу.

На основі вищевикладеного можна висунути таку робочу гіпотезу – підвищити ефективність технологічного процесу подрібнення коренеплодів можна шляхом зниження енергоємності та підвищення якості подрібнення за рахунок удосконалення конструкції ножа дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Аналіз систем подрібнення коренеплодів підтверджує робочу гіпотезу і вказує на доцільність вдосконалення конструкції ножів здатних поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки [31, 36] .

По своїй фізичній суті різання коренеплодів – це локальна деформація матеріалу, що переробляється в результаті зусиль, які передаються кромкою (вершиною двогранного кута) ножа. Завдяки цій особливості різання є найекономічнішим за витратами енергії способом подрібнення [28].

З робіт академіків А.Ф. Іоффе, П.А. Ребиндера і Я.І. Френкеля слідує, що

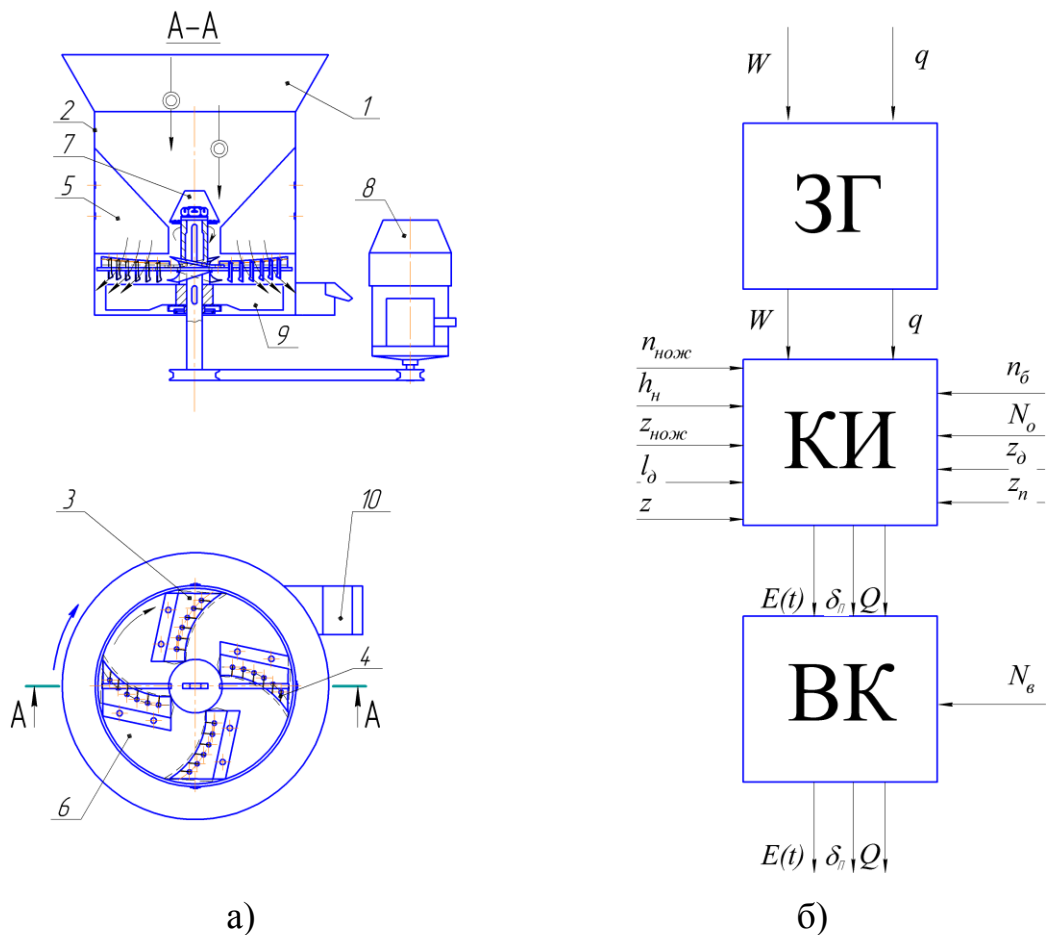
реальне тверде тіло характеризується наявністю просторової системи мікро- та макродефектів, статистично розподілених в товщі і частково виходять на зовнішню поверхню. Міцність, тобто опір тіла руйнування, через наявність в ньому зазначених дефектів, знижується в 100-1000 разів проти ідеального твердого тіла з непорушеною структурою [12].

Процес деформації твердого тіла зводиться до збільшення розмірів і кількості наявних дефектів.

При досягненні певної щільності дефектів в тілі виникає тріщина з розмірами, що перевищують критичний. Далі зростання такої тріщини протікає мимовільно і дуже швидко; тіло руйнується [12]. Таким чином безпосереднє руйнування настає від розтягуючих і дотичних напружень, в тому випадку, якщо вони перевищують місцеву міцність матеріалу [28]. Конструктивно-технологічна схема і розрахункова модель функціонування представлені на рис. 2.1, а.

Технологічний процес подрібнення коренеплодів відбувається в такий спосіб. Коренеплоди, пройшовши завантажувальний горловину 1, надходять в камеру подрібнення 2, де під дією сили тяжіння потрапляють на дисковий робочий орган 6 з ножами 3, який обертається разом з диском. Криволінійний ніж відрізає від подрібнювального матеріалу шар, відповідний вильоту ножа над диском, який потрапляючи на подільники 4 розрізається на необхідні за розміром шматки.

Подрібнений матеріал, що видаляється з робочої камери лопатевої кидалки 9 у вивантажувальну горловину. Така конструкція подрібнювача дозволяє отримувати стружку необхідного розміру без застосування другого ступеня подрібнення, що значно економить енергію витрачену на подрібнення. Також через одноразове контактування подрібнювального матеріалу з ріжучим елементом якість його значно вище в порівнянні з матеріалом подрібненим іншими конструкціями подрібнювачів, а саме, менші втрати соку, виключено подрібненість розрив і розчавлювання.



⊙—вихідний матеріал; ————подрібнений матеріал; 1 – завантажувальна горловина; 2 – камера подрібнення; 3 – ніж; 4 – подільники; 5 – протирізі; 6 – диск; 7 – відбивач; 8 – двигун; 9 – лопатева швирилка; 10 – вивантажувальна горловина

Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема (а) й розрахункова модель (б) функціонування одноступінчастого подрібнювача коренеплодів

Після вибору конструктивно-технологічної схеми подрібнювача коренеплодів, побудова плану теоретичних досліджень спрощує розрахункова модель функціонування подрібнювача (рис 2.1 б) [38, 39]. Модель функціонування також дозволяє представити технологічний процес подрібнення в наочній графічній формі і у вигляді математичної моделі взаємозв'язку параметрів подрібнювача. Крім цього, за допомогою моделі функціонування можна виявити критерії оцінки ефективності виконання технологічного процесу подрібнення [38].

Для якісного теоретичного дослідження необхідно розробити модель функціонування всієї машини, незалежно від того, яке з взаємопов'язаних ланок є об'єктом дослідження [38].

Розрахункова модель функціонування розроблюваного подрібнювача коренеплодів складається з трьох частин (ланок): завантажувальної горловини (ЗГ), камери подрібнення (КП) і вивантажної камери (ВК) (див. рис. 2.1 б).

Ефективність виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів залежить від умов роботи подрібнювача. Задаються умови роботи можна назвати вхідними сигналами, до яких відносяться: величина подачі коренеплодів в камеру подрібнення q та їх вологість $W(t)$ [40].

В процесі роботи подрібнювач коренеплодів (як система в цілому) реагує на вхідні сигнали. Результатом реакції є вихідні показники, до яких відносяться: продуктивність Q , якісні показники процесу подрібнення коренеплодів δ_{Π} , енергоємність процесу подрібнення $E(t)$.

На показники вихідних сигналів може впливати: частота обертання диска $n_{\text{ніж}}$, коефіцієнт використання ножів $n_{\text{б}}$, виліт ножа h_n , відстань між подільниками $l_{\text{д}}$, геометричні характеристики робочого органу z , кількість ножів $z_{\text{ніж}}$, кількість ножів-подільників $z_{\text{д}}$, кількість протирізів Z_n . Енергетичною характеристикою моделі є потужність на привід робочого органу N_o і вивантажувального пристрою $N_{\text{в}}$.

Як видно з моделі функціонування, оцінити ефективність виконання технологічного процесу подрібнення можна по питомій енергоємності процесу $E(t)$ і якісним показникам процесу подрібнення коренеплодів δ_{Π} .

Питому енергоємність процесу подрібнення коренеплодів можна визначити за відомою формулою [30]:

$$E = \frac{N}{Q}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (2.1)$$

де E – питома енергоємність процесу подрібнення коренеплодів, кВт·год/т;

N – потужність, що витрачається на подрібнення, кВт;

Q – продуктивність подрібнювача коренеплодів, т/год.

Функція взаємозв'язку параметрів технологічного процесу подрібнення коренеплодів отримана з розрахункової моделі функціонування подрібнювача і виражається рівнянням:

$$\Phi(W(t), q, n_{\text{ніж}}, n_{\text{б}}, h_{\text{н}}, l_{\text{д}}, z, z_{\text{ніж}}, z_{\text{д}}, z_{\text{н}}, N_{\text{о}}, N_{\text{в}}, \delta_{\text{П}}, Q, E(t, \delta_{\text{П}})) = 0. \quad (2.2)$$

Таким чином, розрахункова модель функціонування подрібнювача показує, що технологічний процес подрібнення коренеплодів - це складний процес, який залежить від великої кількості параметрів. Функція взаємозв'язку параметрів включає тільки один критерій ефективності процесу (енергоємність $E(t, \delta_{\text{П}})$). Цей критерій залежить від часу протікання процесу t і якості подрібнення $\delta_{\text{П}}$. У свою чергу тимчасова характеристика пов'язана зі швидкісними явищами, а якісна $\delta_{\text{П}}$ з конструктивними параметрами робочого органу, головним елементом якого є ніж. Отже, енергетичні та якісні показники процесу подрібнення коренеплодів залежать в основному від конструктивних особливостей ножів. З вищевикладеного можна висунути концепцію підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів шляхом удосконалення конструкції ножа дискового подрібнювача.

2.2 Визначення площі силового контакту деформуючої і деформованої площин

Ефективність процесу подрібнення коренеплодів у великій мірі залежить від конструктивних особливостей ножів. На сьогоднішній день в подрібнювачах коренеплодів використовується велика різноманітність ножів, які відрізняються конструктивним виконанням, розміром і кривизною.

Для проведення науково-обґрунтованого вибору кривизни леза ножа, для ефективного виконання процесу подрібнення, в основу наших теоретичних передумов закладена гіпотеза В.П. Горячкіна, яка полягає у виборі раціональної криволінійної форми леза ножа, при якій в межах стиснення (до початку сколювання стружки) площа контактної поверхні буде мінімальною [12]. Внаслідок цього буде забезпечено максимально можливе руйнівне напруження, при збереженні умови різання з ковзанням рис. 2.2.

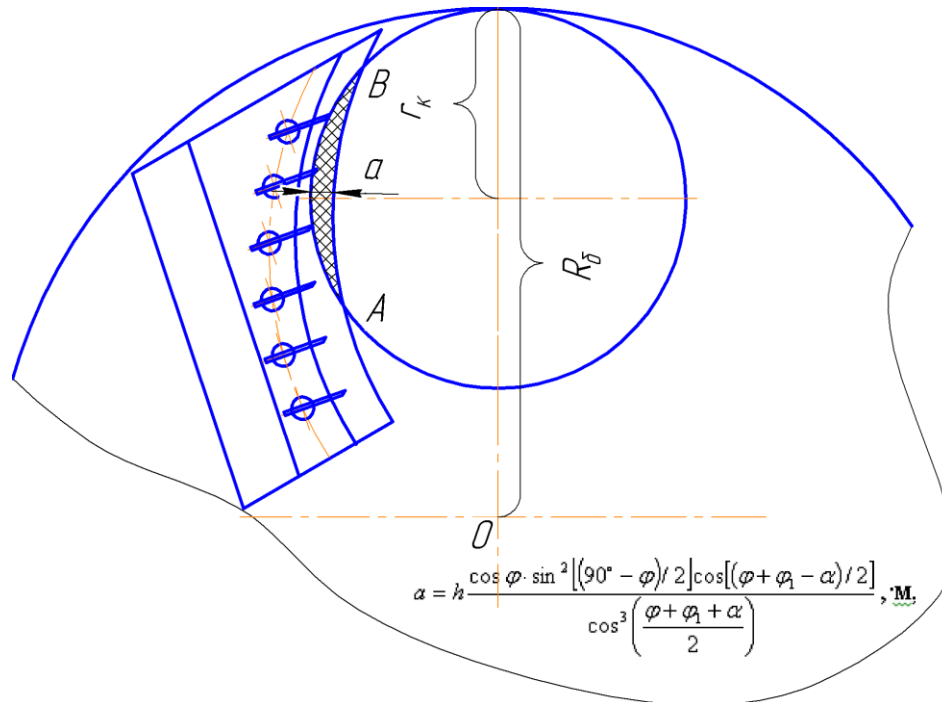


Рисунок 2.2 – Схема для визначення площі контакту ножа з коренеплодом

Горячкин В.П. стверджує, що кращої кривої для кромки леза ножа є спіраль Архімеда, Манько В.М. в своїй роботі вважає, що найкращою кривої для ріжучої пари є ексцентрична окружність $\ell^2 = R^2 + r^2 - 2 \cdot R \cdot r \cdot \sin \alpha$. У прототипі КПИ-4 ножі рівні, тому слід також вивчити пряму $y = k \cdot x + b$, і логарифмічну спіраль $\rho = \rho_0 \cdot q^{\phi/2\pi}$ рекомендовану Є.І. Резником.

Кривизна ножа повинна забезпечувати найменшу площу контакту з коренеплодом при різанні, для забезпечення максимальної напруги, при збереженні умови різання з ковзанням.

Пряма $y = k \cdot x + b$, не відповідає даній умові, оскільки для забезпечення умови різання з ковзанням доведеться значно збільшувати в розмірах робочий орган, і навіть в цьому випадку будуть виникати труднощі в його конструктивному виконанні.

Для порівняння кривих потрібно визначити площу контакту з коренеплодом при проходженні шляху змінання (рис. 2.3).

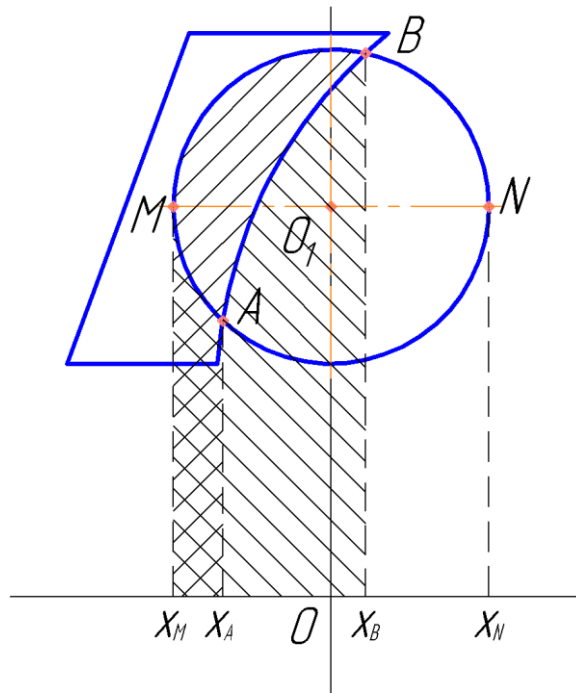


Рисунок 2.3 – Схема до визначення площі контакту деформуючої і деформованої площин

Площа контакту в загальному вигляді:

$$S = \int_{x_M}^{x_B} f(R_{\bar{\sigma}}, r_{ki}, x_i) - \int_{x_A}^{x_B} f(x_i) - \int_{x_M}^{x_A} f(R_{\bar{\sigma}}, r_{ki}, x_i). \quad (2.3)$$

Для ножа, кромка леза якого є ділянкою спіралі Архімеда площа буде визначатись за таким рівнянням:

$$S = \int_{x_M}^{x_B} R_{\bar{\sigma}} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx - \int_{x_A}^{x_B} (-0,22 \cdot x^2 + 1,255 \cdot x + 163,217) dx - \int_{x_M}^{x_A} R_{\bar{\sigma}} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx. \quad (2.4)$$

Для ножа, кромка леза якого є ділянкою логарифмічної спіралі набуде вигляду:

$$S = \int_{x_M}^{x_B} R_{\bar{\sigma}} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx - \int_{x_A}^{x_B} (0,002 \cdot x^2 - 1,087 \cdot x + 62,217) dx - \int_{x_M}^{x_A} R_{\bar{\sigma}} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx. \quad (2.5)$$

Для рівняння ексцентричної окружності [3] площа буде знаходитися по

наступному рівнянню:

$$S = \int_{x_M}^{x_B} R_{\sigma} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx - \int_{x_A}^{x_B} (R^2 + r^2 - 2 \cdot R \cdot \sin \alpha) d\alpha - \int_{x_M}^{x_A} R_{\sigma} - r_{ki} + \sqrt{r_{ki}^2 - x^2} dx. \quad (2.6)$$

Ставлячи одні і ті ж умови для аналізованих кривих кромки леза ножа, а саме, що ножі з моменту початку входження в коренеплід пройдуть один і той же шлях a (шлях зминання, до початку сколювання стружки) і утворюють площу контакту, необхідну для порівняння. Площі контакту для ножів становили наступні чисельні значення: для спіралі Архімеда $136,79 \text{ мм}^2$, логарифмічної спіралі – $147,5 \text{ мм}^2$, ексцентричної окружності – $141,42 \text{ мм}^2$.

Отже виявлено, що найбільш придатною кривою для подальших досліджень є спіраль Архімеда, оскільки ніж виконаний за даною спіралі має найменшу площу контакту серед аналізованих ножів, це дозволить створити найбільший тиск ножа на коренеплід при одному і тому ж зусиллі.

У теоретичних дослідженнях, на основі робіт Є.І. Знаєва, зроблено припущення, що кормовий коренеплід математично можна представити як конічне тіло, перетином якого є коло. Прийнята по Є.І. Знаєву форма коренеплоду представлена на рис. 2.4.

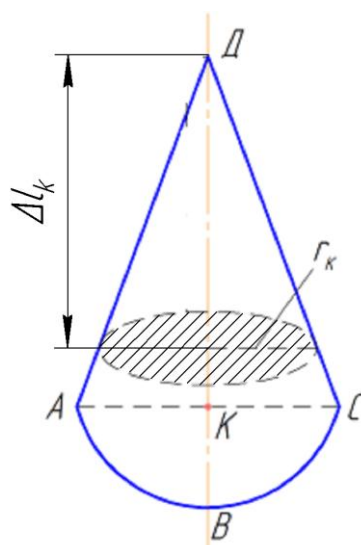


Рисунок 2.4 – Профіль коренеплоду (усереднений)

Об'єм коренеплоду з робіт Знаєва Є.І. можна визначити за формулою:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi \cdot R_m^2 \cdot l,$$

де R – радіус основи конуса (і напівкулі), м;

l – довжина хвостової частини, м.

$ВД = L_k$ – довжина коренеплоду;

$ДК = L_y$ – довжина циліндричної частини коренеплоду;

$АК = КС = R_k$ – максимальний радіус коренеплоду, ($R_k = 0,5 \cdot D_k$);

$d_k = 2 \cdot r_k$ – поточний діаметр коренеплоду.

Емпіричним шляхом отримано $D_k \approx 134$ мм, $R_k \approx 67$ мм, $L_k \approx 250$ мм.

r_k – поточний радіус подрібнювального коренеплоду;

l_k – поточна довжина подрібнювального коренеплоду;

$2\pi r_k$ – поточна довжина окружності.

Рівняння кромки леза ножа по формі спіралі Архімеда, в полярних координатах має вигляд:

$$\rho = k\varphi, \quad (2.7)$$

ρ – полярний радіус;

φ – кут повороту полярного радіусу;

k – коефіцієнт пропорційності:

$$k = \frac{a}{2\pi}, \quad (2.8)$$

де a – крок спіралі (величина постійна для конкретної спіралі).

Перетворимо рівняння Архімедової спіралі в Декартову систему координат:

$$x = \rho \cos \varphi, \quad y = \rho \sin \varphi, \quad \rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad \cos \varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}},$$

$$\sin \varphi = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{x}. \quad (2.9)$$

Отже рівняння (2.7) набуде вигляду:

$$\sqrt{x^2 + y^2} = k \cdot \operatorname{arctg} \frac{y}{x}, \quad (2.10)$$

або після перетворення:

$$x^2 + y^2 = k^2 \cdot \operatorname{arctg}^2 \frac{y}{x}. \quad (2.11)$$

Отже, профіль ріжучої кромки ножа наближено виражається рівнянням (2.11), де $y = f_1(x)$.

Перетин коренеплоду наближено має форму окружності зі змінним радіусом r_k .

$$0 \leq r_k \leq R_k \quad (2.12)$$

де R_k – усереднене максимальне значення радіуса коренеплоду, отримане емпіричним шляхом ($R_k = 67$ мм).

Для визначення площі контакту і знаходження точок А і В (рис. 2.3), необхідно розв'язати систему рівнянь (рис 2.2):

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = k^2 \cdot \operatorname{arctg}^2 \frac{y}{x}, \\ x^2 + (y - R_{\sigma} + r_{ki})^2 = r_{ki}^2. \end{cases} \quad (2.13)$$

З огляду на те, що перше рівняння системи є трансцендентним, то пошук точного рішення системи є проблематичним. Для вирішення цієї суперечності доцільно перейти в полярну систему координат:

З (2.7) відомо, що рівняння спіралі Архімеда має вигляд $\rho = k\phi$ рівняння буряка з умов переведення з системи в систему, маємо:

$$\rho^2 \cdot \cos^2 \phi + (\rho \cdot \sin \phi - R_{\sigma} + r_{ki})^2 = r_{ki}^2. \quad (2.14)$$

Складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \rho = k \cdot \phi, \\ \rho^2 \cdot \cos^2 \phi + (\rho \cdot \sin \phi - R_{\sigma} + r_{ki})^2 = r_{ki}^2. \end{cases} \quad (2.15)$$

Розв'язуємо систему:

$$k^2 \cdot \varphi^2 \cdot \cos^2 \varphi + (k \cdot \varphi \cdot \sin \varphi - R_{\sigma} + r_{ki})^2 = r_{ki}^2. \quad (2.16)$$

$$\begin{cases} \rho = k \cdot \varphi, \\ \rho^2 \cdot R_{\sigma}^2 + (2 \cdot r_{ki} - 2 \cdot R_{\sigma}) \cdot \rho \cdot \sin \varphi - 2 \cdot R_{\sigma} \cdot r_{ki} = 0. \end{cases} \quad (2.17)$$

далі:

$$\rho^2 + \rho \cdot \sin \varphi \cdot (2 \cdot r_{ki} - 2 \cdot R_{\sigma}) = 2 \cdot R_{\sigma} \cdot r_{ki} - R_{\sigma}^2. \quad (2.18)$$

$$\rho \cdot \sin \varphi \cdot (2 \cdot r_{ki} - 2 \cdot R_{\sigma}) = 2 \cdot R_{\sigma} \cdot r_{ki} - R_{\sigma}^2 - k^2 \cdot \varphi^2. \quad (2.19)$$

тоді, для окремого випадку, площа контакту можна розрахувати за такою формулою:

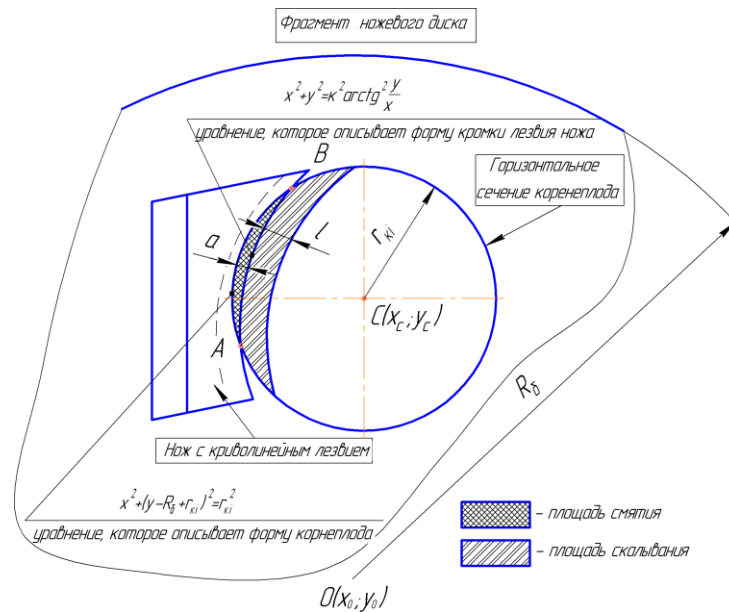
$$S_{cm} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \left(\frac{2 \cdot R_{\sigma} \cdot r_{ki} - R_{\sigma}^2 - k^2 \varphi^2}{(2 \cdot r_{ki} - 2 \cdot R_{\sigma}) \cdot \sin \varphi} - k \varphi \right) d\varphi, \text{ м}^2, \quad (2.20)$$

де φ – кут повороту полярного радіуса, радіан;

φ_1, φ_2 – межі інтегрування, радіан;

За Г.І. Новикова процес різання коренеплодів протікає низкою змінючих один одного процесів: входження клина в коренеплід і сколювання стружки. Процес входження клина в коренеплід можна назвати зминанням, він продовжується до тих пір, поки ножом не буде створена напруга перевищує межу стиснення коренеплоду, ніж за цей час пройде шлях a . Далі в тілі коренеплоду виникає тріщина, яка поширюється на певну величину шляху l , умовно цей процес можна назвати сколюванням. Процес різання представлений на (рис. 2.5).

За межею площі зминання відбувається відкол коренеплоду на глибину l . При сколюванні від коренеплоду відділяється площа $S_{ск}$. Емпіричним шляхом нами встановлено, що для ножа, лезо якого виконано за формою ділянки спіралі Архімеда, глибина сколювання знаходиться в межах 9-13 мм. Адекватність емпіричних даних підтверджена результатами розрахунків за відомим висловом В.П. Горячкіна.



a – максимально можлива глибина зминання коренеплоду ножом, перевищення якої призводить до початку сколювання стружки; l – глибина сколювання; r_{ki} – радіус i -го горизонтального перерізу коренеплоду; R_0 – радіус ножового диска, AB – межа контактної поверхні зминання, C – центр коренеплоду, O – центр обертання системи

Рисунок 2.5 – Схема до обґрунтування кривизни леза ефективного ножа для подрібнення коренеплодів

Найбільш поширеним сортом кормових буряків є сорт «Переможець», його середній діаметр пересіченого посередині коренеплоду знаходиться в межах 65-70 мм. Розрахунковим шляхом встановлено, що ніж запропонованої конструкції в середньому перерізі кормових буряків даного сорту створить чотири площі стиснення $S_{см}$ і чотири площі сколювання $S_{ск}$ розміри яких наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Площі контактної поверхні при зминанні і сколюванні

№ ділянки (відраховується від першого контакту)	I	II	III	IV
$S_{см}, \text{мм}^2$	134,84	310,79	304,1	189,14
$S_{ск}, \text{мм}^2$	572,40	1015,34	817,23	181,8

Оскільки процес подрібнення коренеплодів є послідовною зміною зминання і сколювання, то дія руйнуючої сили має пульсуючий характер. Причому, руйнівна сила змінна і залежить від розмірів контактної поверхні стиснення $S_{см}$, на якій вона діє.

Руйнуючу силу на кожній ділянці контакту визначали на основі отриманих нами даних (див. табл. 2.1) і даних руйнівного напруження для буряка отриманих Д.Г. Войтюком і О.М. Царенко [48] (рис. 2.6) за формулою:

$$F_{рез} = S_{см} \cdot \sigma_{сж}, H, \quad (2.21)$$

де $\sigma_{сж}$ – допустима напруга стиснення, МПа.

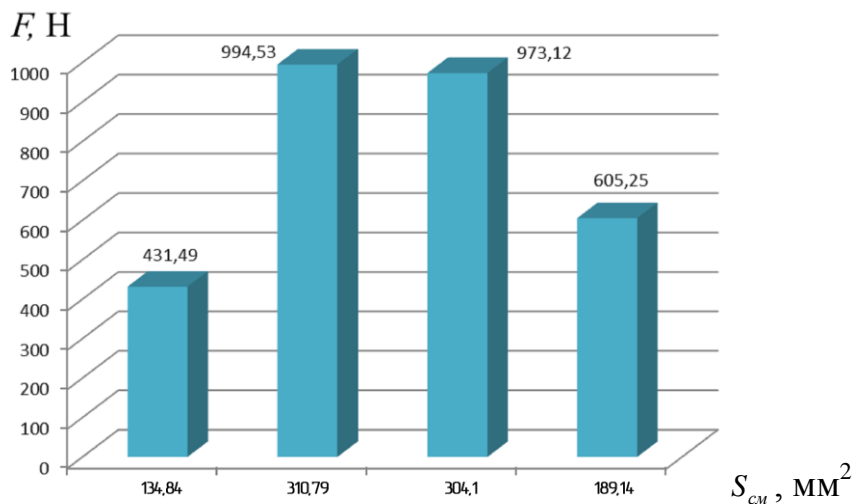


Рисунок 2.6 – Графік залежності руйнуючої сили, яка витрачається на подрібнення коренеплодів від розмірів контактної поверхні стиснення $S_{см}$

2.3 Продуктивність подрібнювача коренеплодів

Продуктивність подрібнювача коренеплодів лезо ножів якого являє собою ділянку спіралі Архімеда, а також конструкція яких включає вертикальні ножі подільники, які додатково подрібнюють відрізані частинки коренеплоду визначається з виразу [5]:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot R^2 - r^2 \cdot h_n \cdot n_{ніж} \cdot z_{ніж} \cdot \rho \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \lambda \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \delta, \text{ кг / год}, \quad (2.22)$$

де R – зовнішній радіус, який описує горизонтальний ніж, м;

r – внутрішній радіус, який описує горизонтальний ніж, м;

h_n – висота виходу ножа над диском, $h_n = 0,01 - 0,02$ м;

$n_{ніж}$ – частота обертання ножового диска, $n_{ніж} = 600 - 900$ хв⁻¹;

$z_{ніж}$ – кількість горизонтальних ножів, $z = 2 - 4$;

ρ – щільність коренеплодів, $\rho = 500 - 700$ кг/м³;

ψ_1 – коефіцієнт використання довжини леза ножа, $\psi_1 = 0,7 - 0,85$;

ψ_2 – коефіцієнт використання конструктивної ширини ножа, $\psi_2 = 0,8 - 1$;

λ – коефіцієнт заповнення робочої камери в межах виходу ножа, $\lambda = 0,3 - 0,65$;

β_1 – коефіцієнт, що враховує ріжучо-відштовхувальну дію ножів на продукт, $\beta_1 = 0,3 - 0,4$;

B_2 – коефіцієнт, який враховує опір, утворений ножами-подільниками, $\beta_2 = 0,4 - 1$;

δ – коефіцієнт використання прохідного отвору диска, $\delta = 0,7 - 1$.

Ніж виступаючи над диском на висоту h_n (рис. 2.6) в межах власної довжини l_n між диском і кромкою ножа утворює площу $S_{вн}$. Дана площа є поперечним перерізом зрізаного горизонтальним ножом пласта коренеплоду.

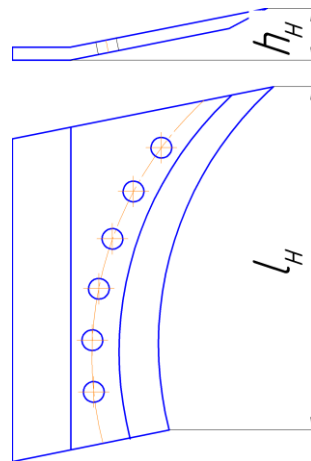
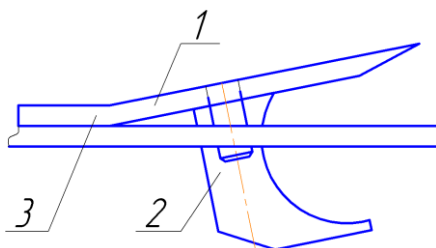


Рисунок 2.7 – Ніж з лезом по формі спіралі Архімеда

Даний пласт під дією ножів-подільників, представлених нижче (див. рис. 2.8 поз. 2) розтинається на шматки, розміри яких відповідають зоотехвимогам.

Сумарна площа бічних поверхонь ножів подільників чинить опір

переміщенню відрізаних горизонтальним ножом пластів і тим самим знижує продуктивність. Даний ефект залежить від того яка частина ножів подільників знаходиться в роботі. Практика показує, що в реальності працює тільки 30-40% поверхні ножа-подільника.



1 – ніж; 2 – ніж-дільник; 3 – диск

Рисунок 2.8 – Схема установки ножа і подільника

З відношення площі утвореної між диском і кромкою леза ножа в межах його виходу і сумарною площею бічних поверхонь подільників можна визначити зниження продуктивності від вище описаного ефекту.

В результаті отримана математична модель (2.22):

$$\beta_2 = \frac{S_{\text{вн}}}{S_{\text{од}} \cdot k_{\kappa}} = \frac{S_{\text{вн}}}{2 \cdot z_{\text{д}} \cdot k_{\kappa} \cdot \int_0^{65,2} 0,002 \cdot x^2 - 1,087 \cdot x + 62,217 \, dx}, \quad (2.23)$$

де $S_{\text{вн}}$ – площа утворена між диском і кромкою леза ножа в межах його виходу, м²;

$S_{\text{од}}$ – сумарна площа бічних поверхонь ножів-подільників, м²;

k_{κ} – конструктивний коефіцієнт використання вертикальних ножів,

$k_{\kappa} = 0,3 - 0,4$.

Теоретична залежність продуктивності запропонованого подрібнювача коренеплодів від частоти обертання робочого органу приведена на рис. 2.9.

З графіка видно, що на ділянці частот від 600 до 900 хв⁻¹ продуктивність змінюється лінійно, при збільшенні кількості ножів частота обертання диска надає більший вплив на продуктивність, це можна пояснити тим, що в даному випадку поєднання стиснення і відколу відбувається більш ефективно.

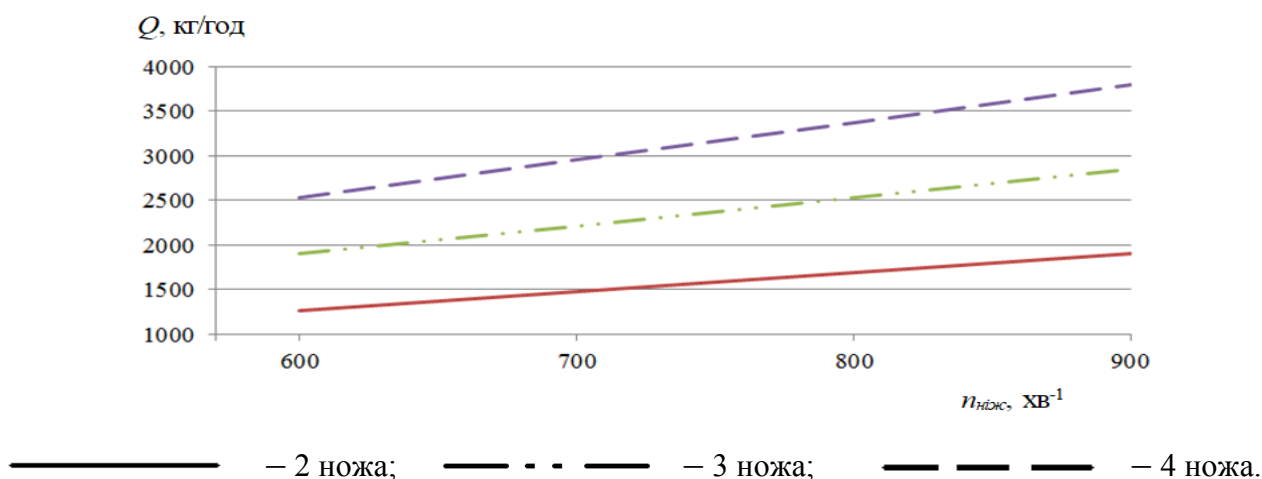


Рисунок 2.9 – Теоретична залежність продуктивності запропонованого подрібнювача коренеплодів від частоти обертання диска при різній кількості ножів

2.4 Висновки з розділу

1. На основі аналізу існуючих способів, пристроїв і робочих органів подрібнювачів коренеплодів висунута робоча гіпотеза, що дозволила розробити, а також обґрунтувати конструктивно-технологічну схему подрібнювача коренеплодів, побудувати його розрахункову модель функціонування і розробити функцію взаємозв'язку параметрів (2.2).

2. В результаті теоретичних досліджень отримані математичні моделі дозволяють визначити значення сили різання, площі контакту, яка бере участь в різанні, що дозволяє визначити потужність затрачену на подрібнення коренебульбоплодів.

3. Визначено основні параметри подрібнювача: частота обертання робочого органу повинна знаходитися в межах від 700 до 900 XV^{-1} ; кут встановлення подільників від 80 до 100°; кількість ножів на диску 2–4.

4. Для підтвердження теоретичних передумов і визначення раціональних конструктивно-режимних параметрів подрібнювача коренеплодів необхідно провести експериментальні дослідження.

3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА СОКОВИТИХ КОРМІВ

3.1 Мета, завдання і програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є підтвердження теоретичних передумов, визначення оптимальних конструктивних параметрів робочих органів та режимів роботи подрібнювача, які забезпечують необхідну продуктивність і мінімальну енергоємність процесу подрібнення при високій якості подрібненого матеріалу.

Для її досягнення були поставлені наступні завдання:

а) дослідити механіко-технологічні властивості, визначити геометричні параметри, подрібнюваного і подрібненого корму і їх вплив на процес подрібнення;

б) провести пошукові експерименти для визначення фактичної продуктивності подрібнювача, потужності необхідної на подрібнення і якісних показників подрібнення;

в) провести оптимізацію конструктивних і режимних параметрів подрібнювача коренеплодів за основним показником: питомої енергоємності процесу подрібнення E .

Програма досліджень, відповідно поставлених завдань, складається з таких пунктів:

1. Дослідження основних механіко-технологічних властивостей коренеплодів, що впливають на ефективність процесу подрібнення.

2. Розробка експериментальної установки подрібнювача коренеплодів, ножі з криволінійними лезами якого оснащені подільниками, для проведення досліджень.

3. Дослідження продуктивності подрібнювача коренеплодів криволінійні ножі якого оснащені подільниками.

4. Дослідження потужності необхідної на подрібнення подрібнювачем

коренеплодів криволінійні ножі якого оснащені подільниками.

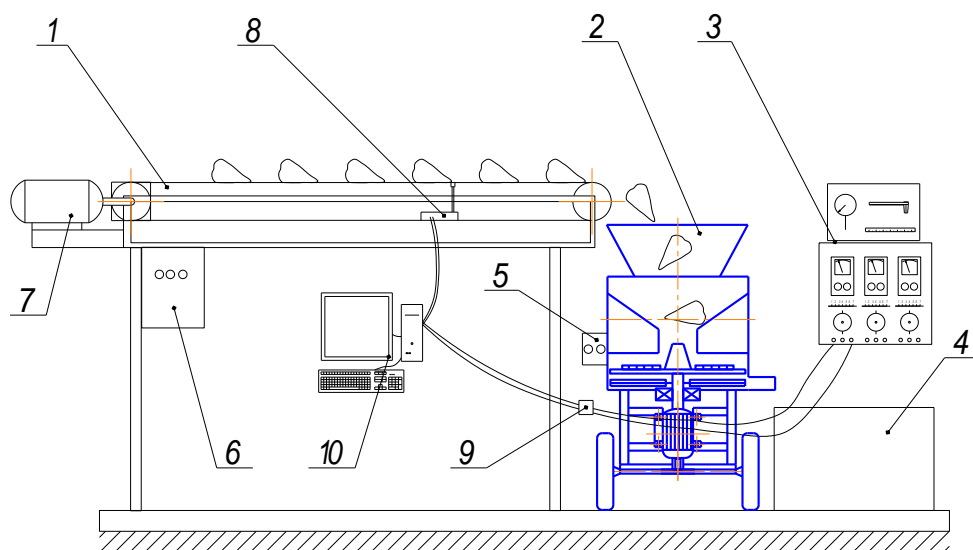
5. Визначення закономірностей впливу конструктивних і технологічних параметрів подрібнювача на якісні показники подрібненого матеріалу.

У досліджуваному подрібнювачі використовуються ножі з криволінійними ріжучими кромками, тому технологічний процес його роботи достатньо не вивчений. Отже, виникає необхідність дослідження технологічного процесу подрібнення коренеплодів пропонуваним подрібнювачем для визначення факторів, які впливають на процес подрібнення і встановлення впливу цих факторів на продуктивність подрібнювача і якість технологічного процесу.

3.2 Будова і принцип роботи подрібнювача

Для проведення експериментальних досліджень була розроблена і виготовлена експериментальна установка, яка складалася з подрібнювача коренеплодів, живильного стрічкового транспортера, металевого ящика для збору подрібнених коренеплодів, реєструвальної і вимірювальної апаратури. Схема і загальний вигляд експериментальної установки показані на рис. 3.1.

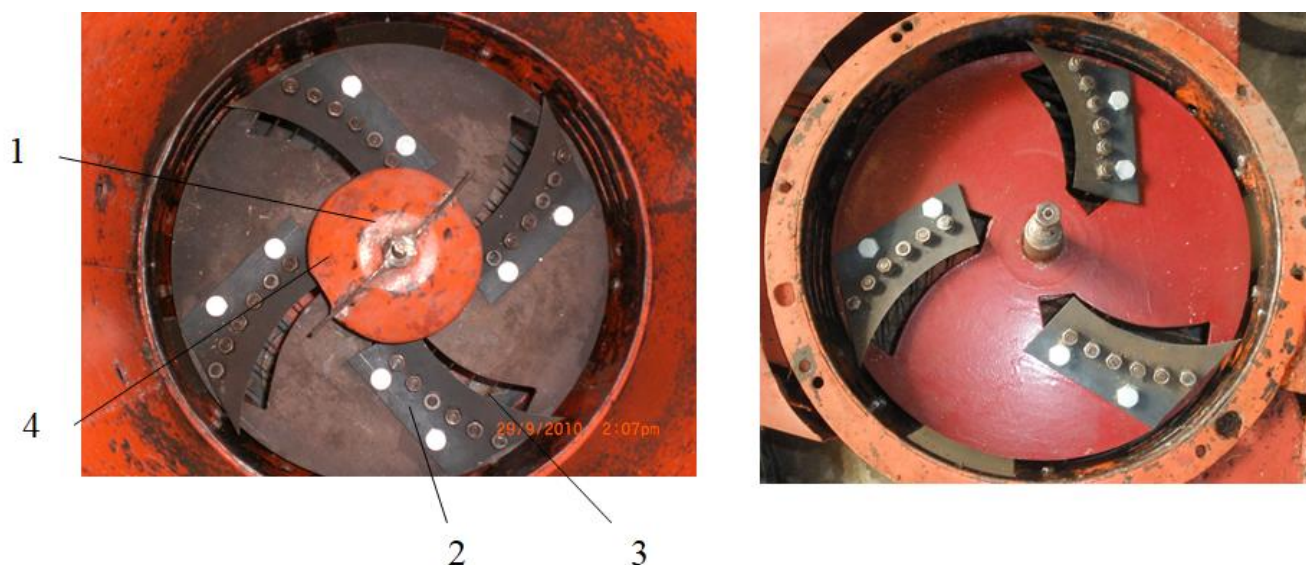
Подрібнювач коренеплодів складається з рами з опорними стійками і колесами, на якій закріплений корпус камери подрібнення з завантажувальною горловиною і вивантажним пристроєм. У камері подрібнення на вертикальному валу закріплений диск з криволінійними прорізами, для відводу подрібненого матеріалу. На диску закріплені криволінійні ножі, кожен з яких має подільники з криволінійною поверхнею ріжучої кромки. Діаметр диска 360 мм, довжина кромки ножа 145 мм. У камері подрібнення розташовані протиріжучі пластили. Над центральною частиною диска на валу закріплений відбивач. Для відводу подрібненого матеріалу передбачена лопатева швирилка. Для вивчення впливу кількості ножів на диску, на продуктивність подрібнювача були виготовлені диски для установки 2, 3 і 4 ножів.



1 – живильний транспортер; 2 – подрібнювач коренеплодів; 3 – комплект реєструвальної і вимірювальної апаратури; 4 – ящик для подрібнених коренеплодів; 5 – пульт управління подрібнювачем коренеплодів; 6 – пульт управління транспортером; 7 – приводна станція транспортера; 8 – тензометричний датчик контролю маси; 9 – датчик сили струму; 10 – ПЕОМ

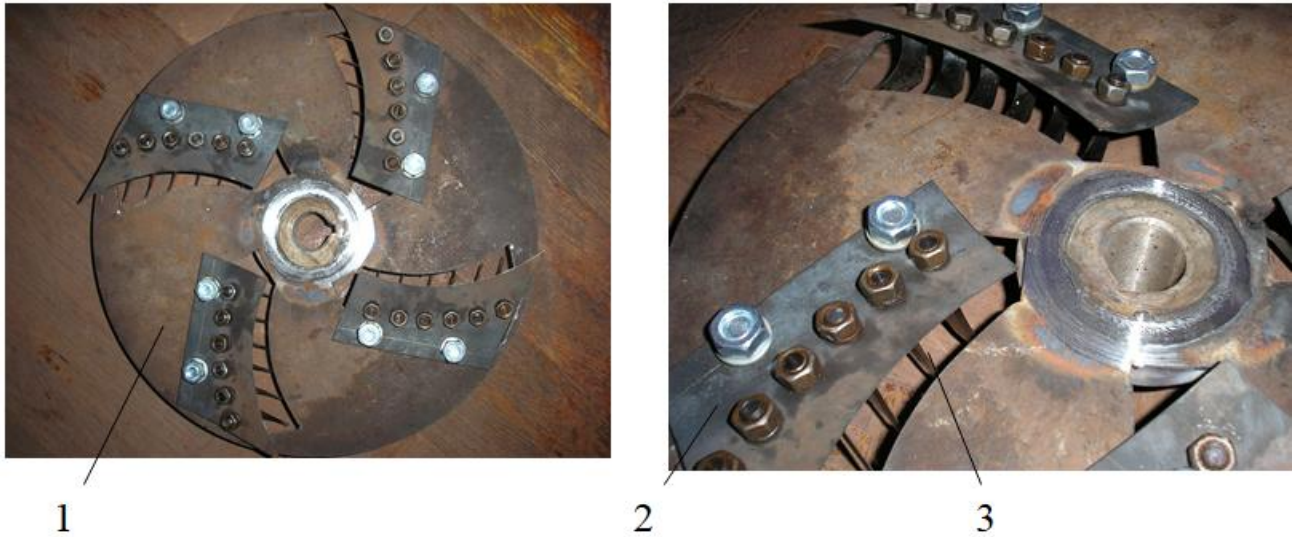
Рисунок 3.1 – Схема експериментальної установки

Загальний вигляд камери подрібнення і вузлів представлений на рисунках 3.2–3.4.



1 – диск; 2 – ніж; 3 – подільник; 4 – відбивач

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд камери подрібнення



1 – диск; 2 – ніж; 3 – подільники

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд робочого органу з подільниками



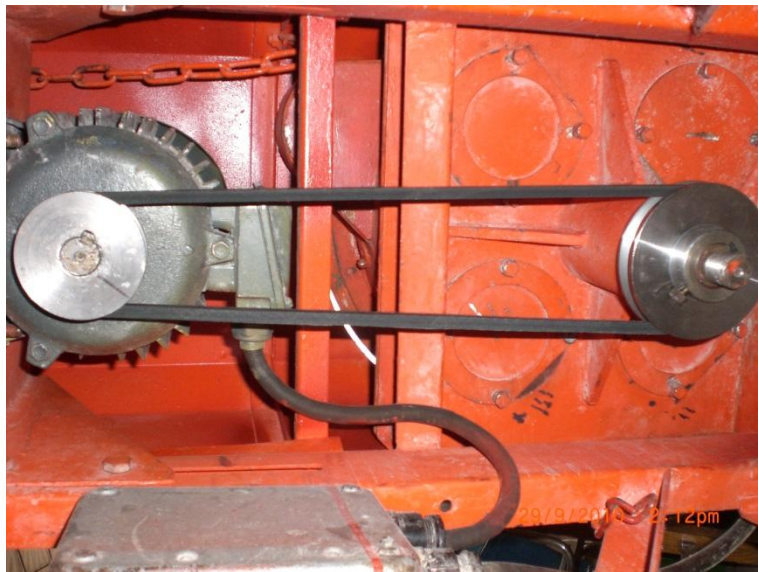
Рисунок 3.4 – Розташування ножів-подільників на робочому органі

Основні технічні характеристики експериментальної установки подрібнювача коренеплодів:

- внутрішній радіус камери подрібнення $r_k = 185$ мм;
- висота подрібнювальної камери $h = 180$ мм;

- діаметр диска $D_D = 360$ мм;
- число ножів на диску $K_n = 2, 3, 4$;
- число протирізів $K_n = 2, 3, 4$;
- частота обертання вала $n_6 = 700, 800, 900$ хв s^{-1} ;
- число подільників на одному ножі $K_\delta = 6$;
- окружна швидкість ножів $V_n = 1 - 2,85$ м/с;
- товщина ножів $\delta_n = 5$ мм;
- товщина подільників $\delta_\delta = 3$ мм;
- потужність приводу $P_a = 1,1$ кВт.

Привід робочого органу здійснювався через клинопасову передачу від електродвигуна (рис. 3.5).



1 – електродвигун; 2 – клинопасова передача.

Рисунок 3.5 – Загальний вигляд приводу подрібнювача коренеплодів

У ланцюг електродвигуна для реєстрації потужності був включений комплект вимірювальний К-505, що складається з ватметра, амперметра і вольтметра.

Живильний транспортер має довжину 3,5 м, розташований горизонтально і складається з рами, електродвигуна і стрічки, натягнутої між двома барабанами: ведучим і веденим. Він забезпечує рівномірність подачі коренеплодів в

подрібнювач. Привід ведучого барабана здійснювався приводний станцією за допомогою двигуна постійного струму. Зміна секундної подачі досягається зміною швидкості стрічки транспортера і щільності укладки коренеплодів на певній ділянці її довжини.

Завантажені на транспортер коренеплоди при русі стрічки, дійшовши до переднього краю, скочуються в завантажувальну горловину подрібнювача.

Всі зважування в процесі експерименту проводилися на електронних вагах ВЕ-15ТЕ.2. А також на вагах ВЛКТ-500-М (ГОСТ 24104-80).

Загальний вигляд ваг ВЛКТ-500-М, ВЕ-15ТЕ.2, які використовуються при експериментальних дослідженнях, представлений на рис. 3.6.

Частота обертання контролювалася тахометром годинного типу Т410-Р (похибка при вимірюванні: частоти обертання 1%; лінійних швидкостей 2%). Час проведення дослідів контролювалося секундоміром електричним ПВ-53Щ.



ВЕ-15ТЕ.2



ВЛКТ-500-М

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд ваг, які використовуються при експериментальних дослідженнях

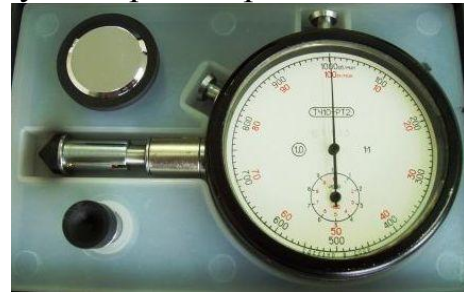
Обладнання для визначення потужності потрібної на подрібнення, частоти обертання валу подрібнювача і фіксації часу проведення дослідів представлено на рисунку 3.7.



комплект вимірювальний К-505



секундомір електричний ПВ-53Щ



тахометр годинного типу Т410- Р.

Рисунок 3.7 – Обладнання для визначення потужності потрібної на подрібнення, частоти обертання валу подрібнювача і фіксації часу проведення досліду

Для проведення експериментальної частини був використаний вимірювальний комплекс «ADAM», який дозволяє реєструвати значення маси і сили струму в режимі реального часу (рис. 3.8, 3.9).

Датчик маси встановлювався під вимірювальною майданчиком, що подає, вимірюючи масу подається продукту в режимі реального часу.

Другий датчик – реєстрував значення струму, яка споживається електродвигуном.

Виміряні значення з інтервалом 0,1 с. записувалися в файл для подальшої обробки стандартними інструментами програми Microsoft Excel. Методика отримання середніх значень вимірювань заснована на обчисленні середнього зваженого значення величини при малому крокові дискретизації.

Подача коренеплодів в камеру подрібнення контролювалася за допомогою тензометричного датчика контролю маси на гнучкій скобі фірми ADAM з реєстрацією даних на ПЕОМ.

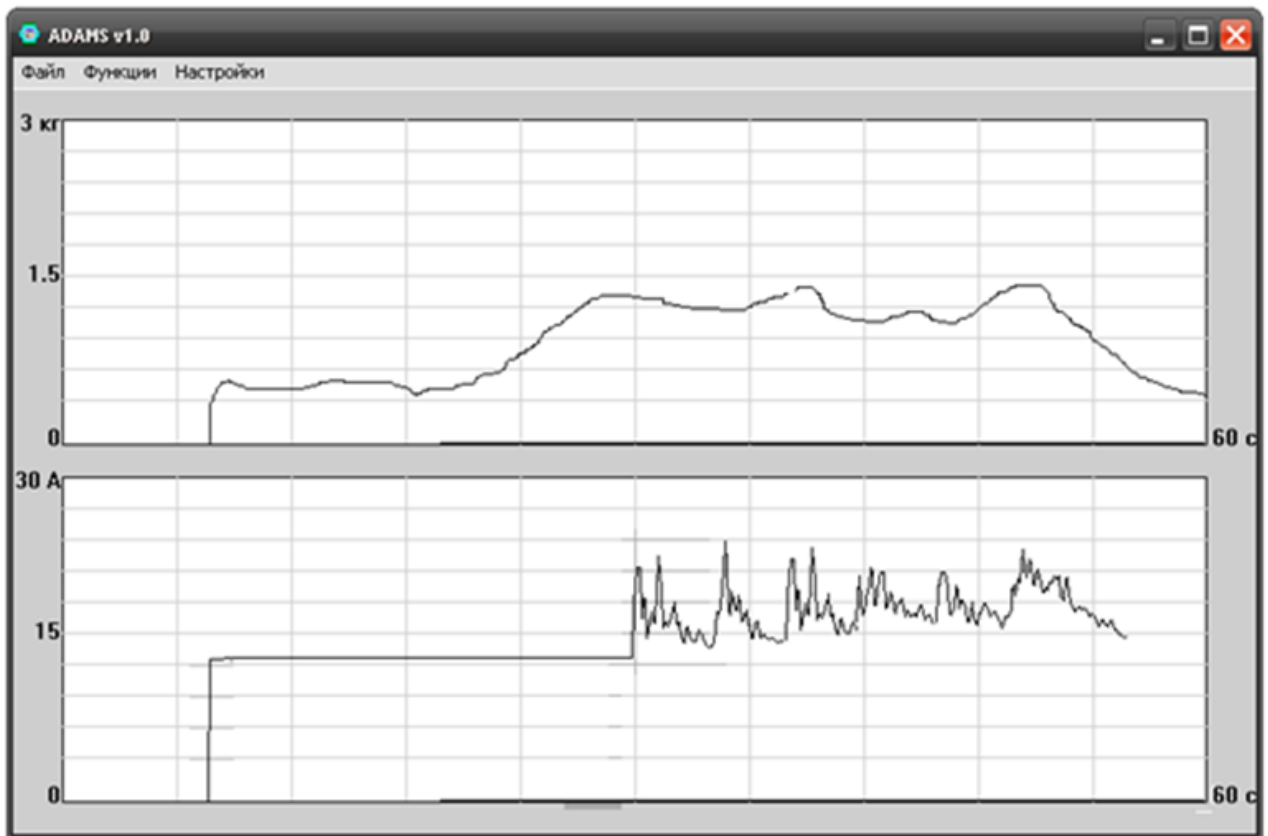


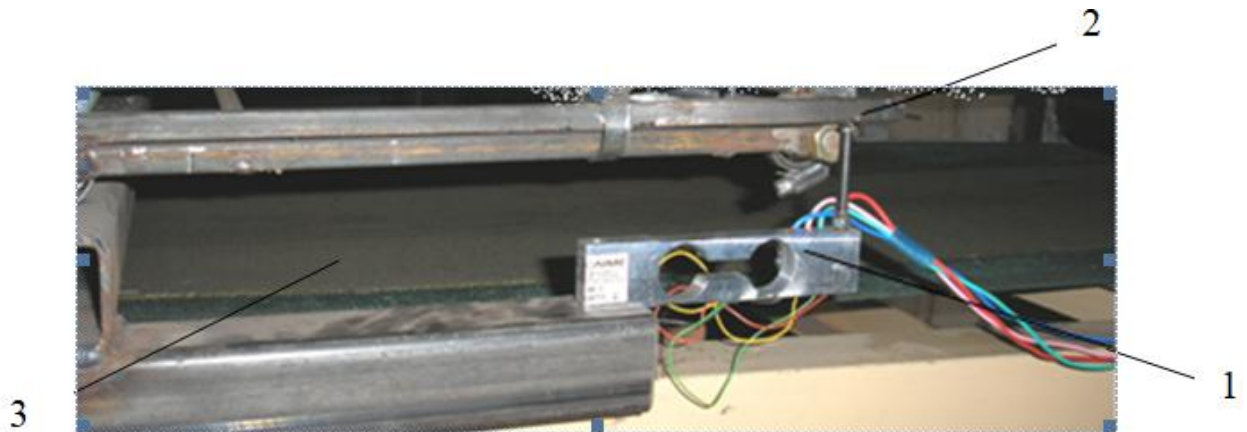
Рисунок 3.8 – Вікно графічної реєстрації даних програмного комплексу ADAM



1 – датчик маси; 2 – датчик струму; 3 – аналогово-цифровий перетворювач;
4 – шифратор; 5 – персональний комп'ютер

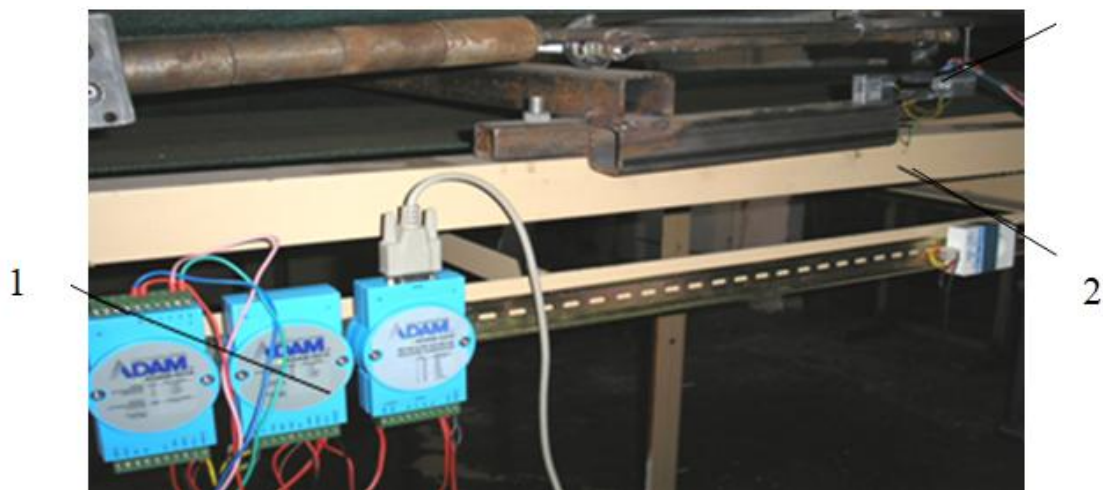
Рисунок 3.9 – Структурна схема комплексу ADAM

Схема установки датчика контролю маси і перетворювачів сигналу представлена на рис. 3.10 і 3.11.



1 – датчик контролю маси; 2 – механізм передачі маси; 3 – стрічка транспортера

Рисунок 3.10 – Схема установки датчика контролю маси



1 – перетворювачі; 2 – транспортер; 3 – датчик контролю маси

Рисунок 3.11 – Схема установки перетворювачів сигналу від датчика контролю маси

3.3 Висновки до розділу

1. З метою обґрунтування та оптимізації конструктивно-режимних параметрів подрібнювача коренеплодів одноступінчастим подрібненням дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки був виготовлений експериментальний дисковий подрібнювач з криволінійними ножами і

подільниками.

2. Для вивчення впливу конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача на технологічний процес подрібнення, розроблено програму і методику експериментальних досліджень.

3. При розробці методики експериментальних досліджень подрібнювача коренеплодів одноступінчастим подрібненням дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки використовувалися як загальновідомі, так і оригінальні і вдосконалені методики.

4. Згідно з методикою експериментальних досліджень при проведенні дослідів використовувалося стандартне і спеціально виготовлене обладнання.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОДРІБНЮВАЧА

4.1 Обґрунтування параметрів і режимів роботи подрібнювача

З метою підтвердження теоретичних передумов лабораторні експериментальні дослідження одноступінчастого подрібнювача коренеплодів проводилися шляхом визначення впливу частоти обертання робочого органу, кількості ножів на диску і кута встановлення подільників на експлуатаційні параметри.

Дослідження проводилися на виготовленій експериментальній установці, що дозволяє при невеликих витратах праці і часу проводити зміну необхідних параметрів і режимів роботи.

Для експериментальних досліджень використовувався гібрид коренеплодів «Переможець». Отримані дані дослідів оброблялися методами математичної статистики і проілюстровані графічно.

Величини досліджуваного фактора, вплив якого визначався, на всіх графіках відкладалися на осі абсцис. Показники роботи подрібнювача, що знаходяться в залежності від нього – відкладалися на осі ординат.

Результати дослідження впливу різних факторів на хід процесу подрібнення коренеплодів описані в окремих підрозділах даного розділу.

4.2 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на продуктивність

Метою даних досліджень було встановлення впливу частоти обертання робочого органу, кількості ножів на диску і кута встановлення подільників на продуктивність подрібнювача.

При проведенні досліджень визначався кут встановлення подільників, що рівний 80, 90 і 100°.

Експерименти проводилися при частоті обертання робочого органу: 700, 750, 800, 850 і 900 хв⁻¹.

Кількість ножів при випробуваннях встановлювалася в кількості 2, 3, 4.

Коренеплоди в камеру подрібнення подавалися таким чином, що камера подрібнення була трохи переповнена.

Результати проведених експериментальних досліджень залежності продуктивності від кута встановлення подільників і частоти обертання ножів представлені на рис. 4.1.

Дані для побудови залежності наведені в табл. 4.1.

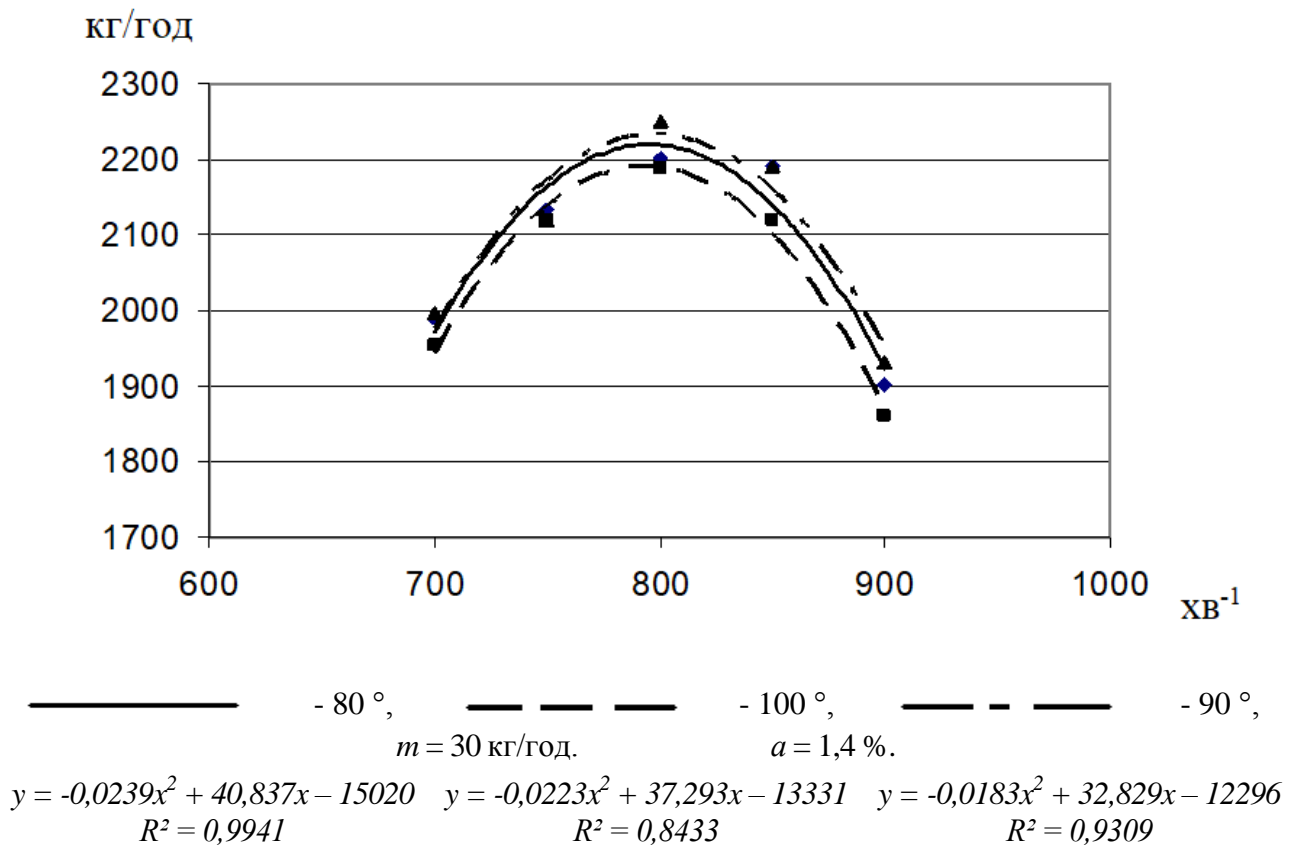


Рисунок 4.1 – Продуктивність подрібнювача в залежності від робочої частоти обертання ножів і кута встановлення подільників

При проведенні експериментальних досліджень процесу подрібнення коренеплодів зроблено припущення, що максимальна продуктивність подрібнювача досягається шляхом застосування максимальної кількості ножів (в

нашому випадку при 4-х ножах), що узгоджується із загальноприйнятими теоретичними передумовами. Аналізуючи отримані дані встановлено, що максимальна продуктивність при даній кількості ножів досягається при установці ножів-подільників під кутом 90° . При цьому заклинювання стружки між ножами мінімальне, а отже, мінімальний опір різанню. При цьому перегин кривих вказує на те, що раціональна частота обертання диска знаходиться в інтервалах $775\text{--}825 \text{ хв}^{-1}$.

Таблиця 4.1 – Визначення продуктивності подрібнювача коренеплодів при 4 ножах, кг/год

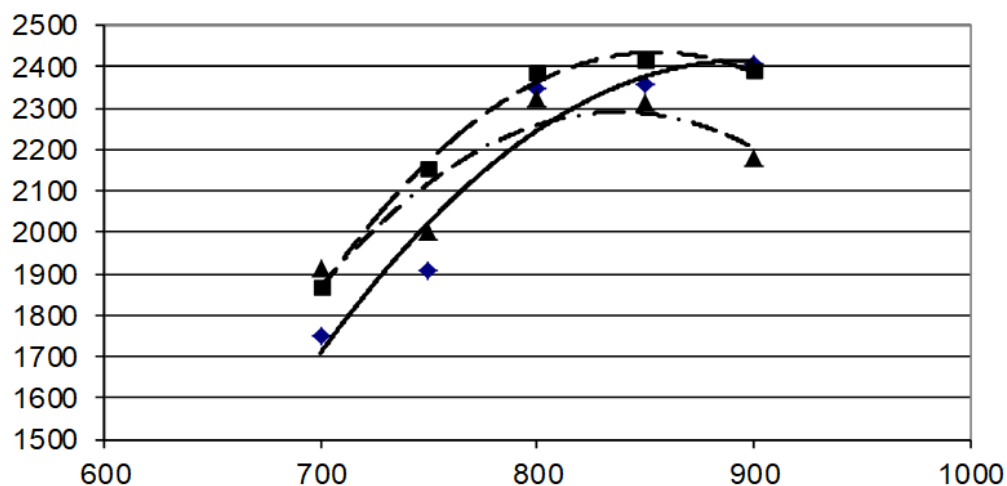
Кут подільників, $^\circ$	Частота обертання ножів, хв^{-1}				
	700	750	800	850	900
80	1989	2135	2203	2191	1901
90	1998	2120	2250	2190	1932
100	1953	2120	2189	2120	1860

Результати проведених експериментальних досліджень залежності продуктивності від частоти обертання і кількості ножів представлені на рис. 4.2.

Дані для побудови залежності наведені в табл. 4.2.

З графічної залежності (рис. 4.2) видно, що максимальна продуктивність досягається застосуванням 3-х ножів, а збільшення частоти обертання диска вище 850 хв^{-1} доцільно тільки при використанні двох ножів, це вказує на те, що при таких швидкостях різання кількість ножів більш 2-х призводить до зайвих підкидання коренеплоду при впливі робочого органу. Інакше кажучи, коренеплід не встигає опуститися на диск, і ножі контактують з коренеплодом на неефективною висоті. При 4-х ножах після досягнення 850 хв^{-1} , відбувається значне зниження продуктивності і вищеописаний ефект проявляється максимально. Застосування 3-х ножів вказує на вплив вищеописаного ефекту на продуктивність, але не в такій мірі, тому дану точку доцільно дослідити.

кг/год



хв⁻¹

- 2 ножа; - 3 ножа; - 4 ножа.
 $m = 90$ кг/год. $a = 4,5\%$.
 $y = -0,0183x^2 + 32,829x - 12296$ $y = -0,0239x^2 + 40,837x - 15020$ $y = -0,0223x^2 + 37,293x - 13331$
 $R^2 = 0,9309$ $R^2 = 0,9941$ $R^2 = 0,8433$

Рисунок 4.2 – Продуктивність подрібнювача в залежності від частоти обертання і кількості ножів

Таблиця 4.2 – Визначення продуктивності подрібнювача, при $\alpha_{dil} = 90^\circ$, кг/год

Кількість ножів, шт.	Частота обертання ножів, хв ⁻¹				
	700	750	800	850	900
2	1750	1910	2347	2355	2409
3	1867	2154	2389	2418	2390
4	1915	2004	2325	2315	2180

Дані для побудови залежності наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Визначення продуктивності подрібнювача при $n = 850$ хв⁻¹.

Кількість ножів	Кут подільників, °				
	80	85	90	95	100
2	2300	2240	2320	2250	2180
3	2280	2215	2355	2235	1960
4	2130	2195	2240	2155	1750

Результати проведених експериментальних досліджень залежності продуктивності подрібнювача від кількості ножів і кута встановлення подільників при граничній частоті обертання 850 хв^{-1} представлені на рис. 4.3.

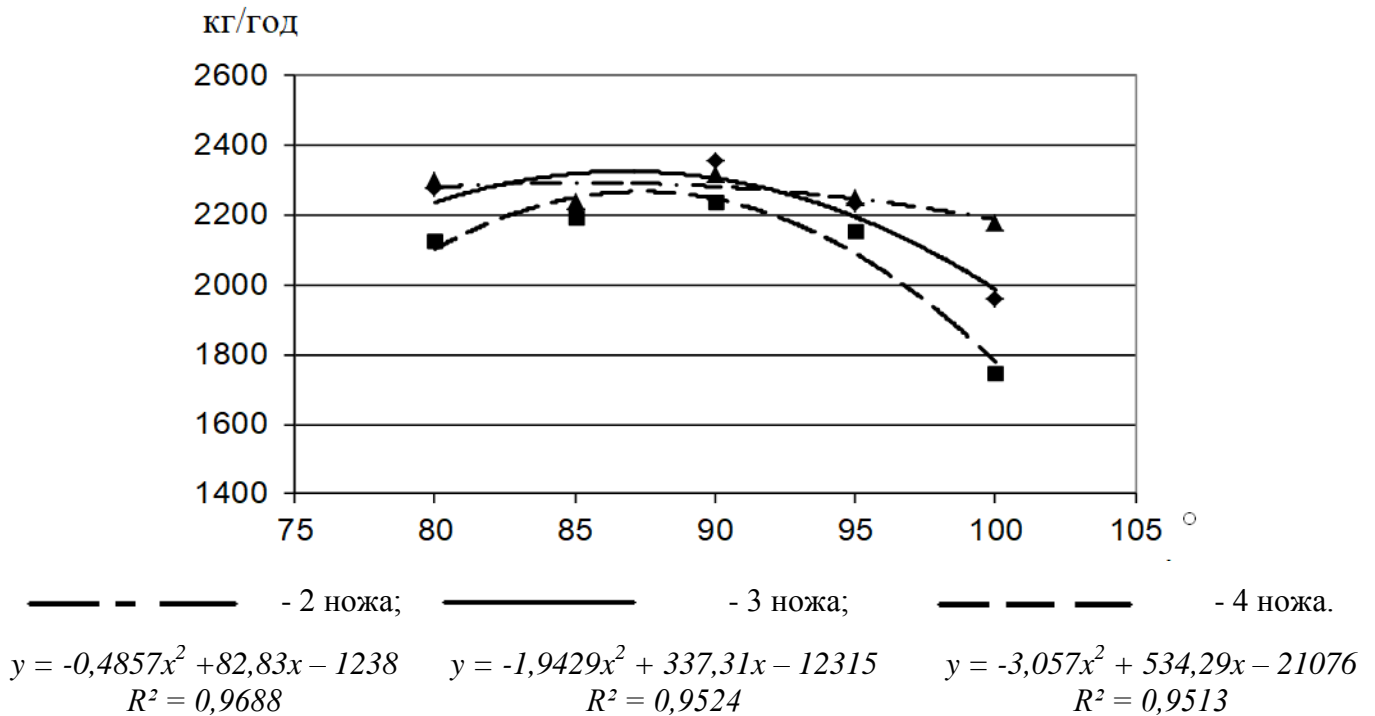


Рисунок 4.3 – Продуктивність подрібнювача в залежності від кількості ножів і кута встановлення подільників: $m = 60 \text{ кг/год}$. $a = 2,6 \%$

Графічна залежність наведена на рис. 4.3 показує, що перевищення області установки ножів-подільників $87-90^\circ$ спричиняє зниження продуктивності при будь-якій кількості ножів на диску. Подальше збільшення кута встановлення подільників недоцільно через описаної раніше (див. пояснення до рис. 4.1). Найбільш ефективно процес протікає при використанні 3-х ножів, при цьому, в порівнянні з 4-ма ножами (див. рис. 4.1) продуктивність збільшується з 2240 до 2355 кг/год, що пояснюється відсутністю зайвих ударних навантажень виникають при створенні умов, при яких коренеплід не встигає торкнутися диска перед початком різання.

З рисунка 4.1, 4.2 і 4.3 видно, що поєднання факторів не дає чітко виражених екстремумів, але дозволяє зробити висновок про те, що в певному

інтервалі при збільшенні частоти обертання і кількості ножів на диску, продуктивність подрібнювача збільшується. Збільшення кута встановлення подільників викликає зниження продуктивності.

4.3 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на енергоємність

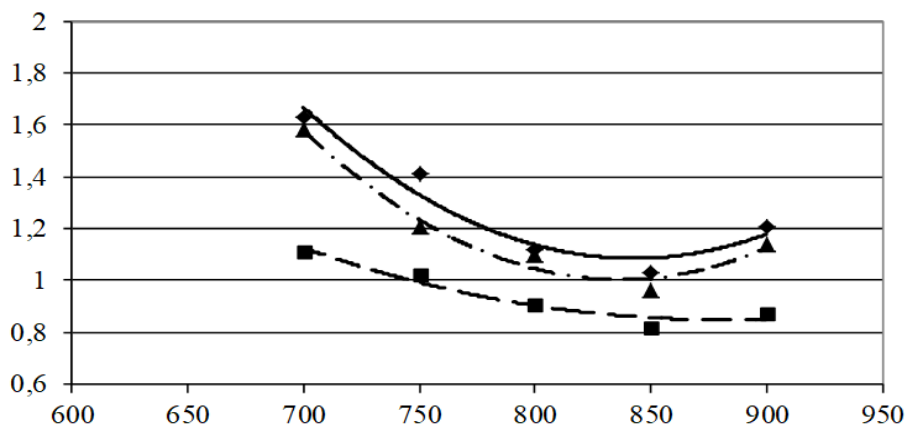
Дані для побудови залежності наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення енергоємності подрібнювача, при $\alpha_{dil}=90^\circ$, Вт·с/г

Кількість ножів, шт.	Частота обертання ножів, хв^{-1}				
	700	750	800	850	900
2	1,63	1,41	1,12	1,03	1,21
3	1,11	1,02	0,91	0,82	0,87
4	1,58	1,21	1,1	0,96	1,14

Результати визначення залежності енергоємності від кількості ножів на диску і частоти обертання робочого органу представлені на рис. 4.4.

Вт·с/г



хв^{-1}

— - 2 ножа; - - - - 3 ножа; - - - - 4 ножа.

$$m = 0,04 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{т.} \quad a = 3,7 \%$$

$$y = 3E-05x^2 - 0,0482x + 21,375 \quad R^2 = 0,9578 \quad y = 9E-06x^2 - 0,015x + 7,4769 \quad R^2 = 0,9521 \quad y = 3E-05x^2 - 0,0512x + 22,419 \quad R^2 = 0,9712$$

Рисунок 4.4 – Енергоємність процесу подрібнення в залежності від робочої частоти обертання робочого органу і кількості ножів на диску

З графічної залежності рис. 4.4 видно, що найбільш ефективно процес протікає при використанні 3-х ножів, що підтверджує раніше проведені експериментальні дослідження.

В інтервалі частот обертання 825-875 хв^{-1} відбувається перегин кривих, що викликано зниженням продуктивності подрібнювача в даному швидкісному режимі роботи.

4.4 Дослідження впливу режимів роботи подрібнювача на середньозважену довжину частинок

Результати визначення залежності середньозваженої довжини частинок від кількості ножів на диску і частоти обертання робочого органу при куті встановлення подільників 90° представлені на рис. 4.5.

Результати визначення залежності середньозваженої довжини частинок від кількості ножів на диску і кута встановлення подільників при частоті обертання диска 800 хв^{-1} представлені на рис. 4.6.

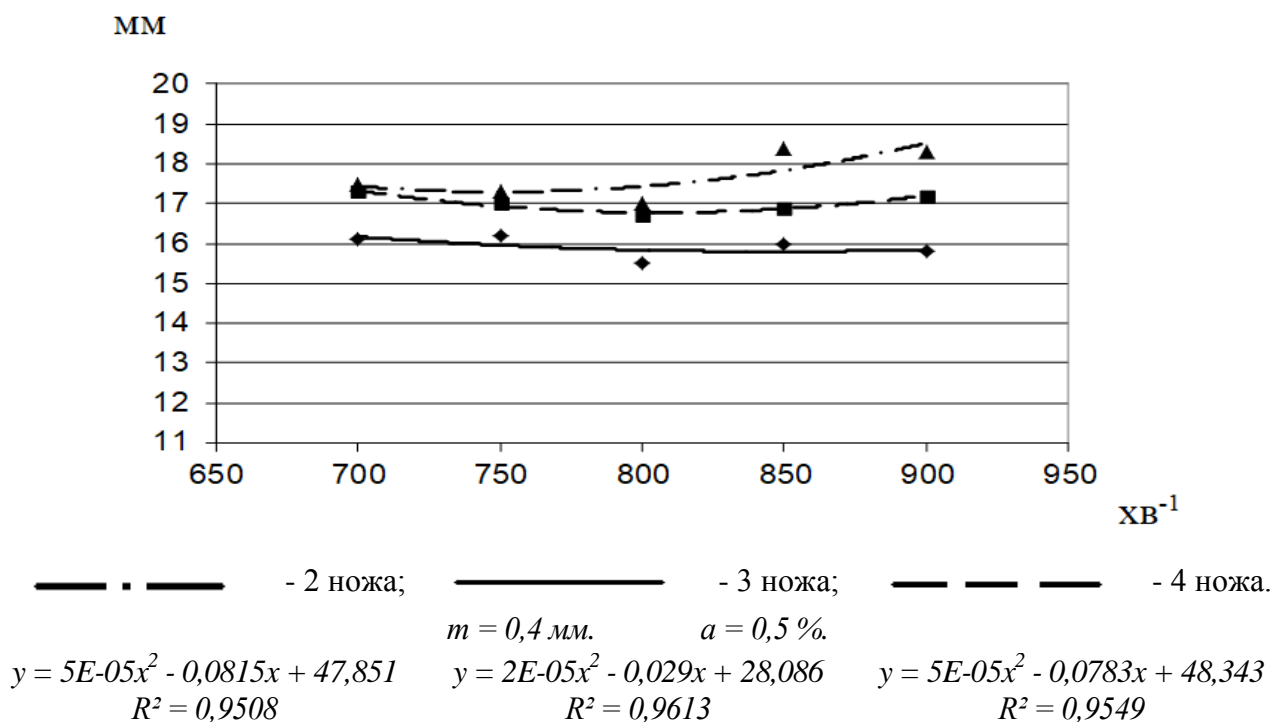


Рисунок 4.5 – Залежність середньозваженої довжини частинок від кількості ножів і частоти обертання робочого органу

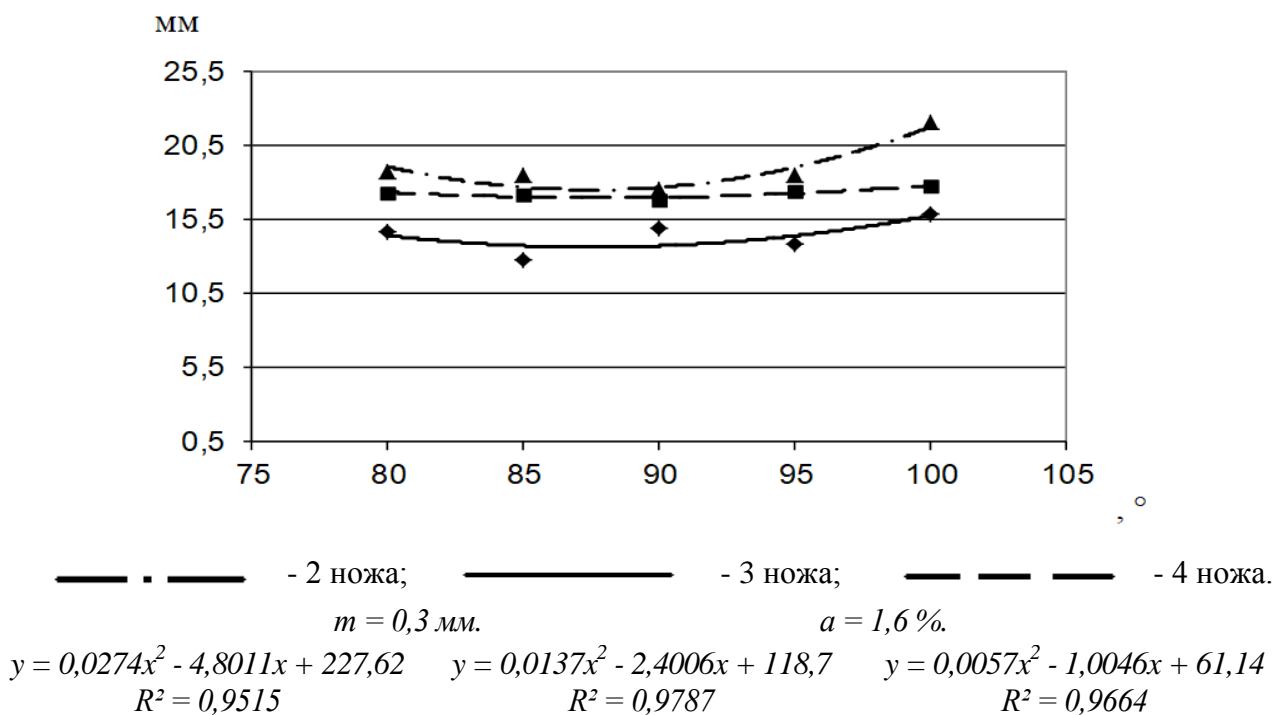


Рисунок 4.6 – Залежність середньозваженої довжини частинок від кількості ножів і кута встановлення подільників

Аналіз залежностей (рис. 4.5 – 4.6) показує, що на середньозважений розмір частинок найбільший вплив робить кут встановлення подільників, при цьому частота обертання диска істотного впливу на процес не робить. Це вказує на доцільність використання в якості фактора кут встановлення подільників, раціональний інтервал даного фактору знаходиться в межах 80-100°. Застосування 3-х ножів забезпечує необхідну якість подрібнення (розмір часток для ВРХ 10 - 15 мм). Застосування 2-х і 4-х ножів дані вимоги не задовольняють. Це пояснюється тим, що для двох ножів необхідна висока частота обертання диска, а для 4-х ножів спрацьовує ефект нестабільного утворення стружки, частих ударів ножів по коренеплоду.

4.5 Висновки з розділу

1. Аналізуючи експерименти, бачимо значну залежність вихідних параметрів від таких факторів, як частота обертання робочого органу і кількість

ножів. У той же час вплив кута встановлення подільників – неоднозначний на різних режимах роботи.

2. Зміна факторів досліджуваних діапазонах, не суттєво впливає на якість подрібнення коренеплодів і відповідає зоотехнічним вимогам.

3. Експериментально-теоретичними дослідженнями встановлено:

– раціональні конструктивно-режимні параметри подрібнювача коренеплодів:

– кількість ножів на диску $k = 3$;

– кількість подільників на ножі (для ВРХ) $z_0 = 6$;

– кут встановлення подільників $\alpha_{dil} = 93^\circ$;

– частота обертання робочого органу $n_{нож} = 754 \text{ хв}^{-1}$;

– діаметр диска $d = 360 \text{ мм}$;

– раціональна подача = $0,55\text{--}0,69 \text{ кг/с}$;

– розбіжність результатів експериментальних і теоретичних досліджень на встановлених раціональних режимах подрібнення становить 3–5 %.

4. Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні передумови по дослідженню технологічного процесу подрібнення коренеплодів. Розбіжність результатів експериментальних і теоретичних досліджень на встановлених раціональних режимах подрібнення коренеплодів склало 3–5 %.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача соковитих кормів

5.1.1 Загальні положення

До виконання робіт по технічному обслуговуванню та ремонту подрібнювача допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли вступний і первинний інструктаж з охорони праці і мають відповідну кваліфікацію. Перед самостійною роботою працівники повинні пройти перевірку знань і навичок на робочому місці під керівництвом досвідченого наставника або бригадира [59].

Необхідно дотримуватись виконання правил внутрішнього розпорядку підприємства. Виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт, не допускайте на робоче місце сторонніх осіб і не передоручайте свою роботу іншим особам.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи. Необхідно упевнитися, що вони не мають пошкоджень, елементів, які звисають, не прилягають і можуть бути захоплені деталями, що обертаються або рухаються. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати розміру працюючого, застосовуватися в справному, чистому стані за призначенням і зберігатися в спеціально відведених та обладнаних місцях з дотриманням санітарних правил [60].

Необхідно перевірити наявність аптечки першої допомоги, її комплектність, засобів індивідуального захисту.

Не допускаються до роботи в стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, в хворобливому або стомленому стані [61].

Під час виконання робіт на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори: машини і механізми, що рухаються; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються; підвищена запиленість і загазованість

повітря робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів; підвищена або знижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена або знижена вологість повітря; підвищена або знижена рухомість повітря; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; підвищена напруженість електричного поля; відсутність або недостатність природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; гострі краї, задирки і шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту і обладнання; розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги) [62].

Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори включають такі біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) і продукти їх життєдіяльності; макроорганізми (рослини і тварини) і продукти їх життєдіяльності.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження – монотонність праці, емоційні перевантаження; фізичні перевантаження – статичні, динамічні.

Забороняється користуватися відкритим вогнем (факелом, паяльною лампою тощо) з метою відігрівання труб або при інших потребах.

Забороняється проводити обслуговування, очищення машин і механізмів під час їх роботи, зупиняти рукою частини машини чи механізму, що рухаються по інерції, включати в роботу машину зі знятими захисними кожухами й огороженнями або якщо вони ненадійно закріплені.

Необхідно виконувати правила пожежної безпеки, користуватися засобами сигналізації й пожежогасіння, не допускати використання пожежного інвентарю не за призначенням [63].

5.1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно надіти спецодяг.

Для проведення ремонтних робіт або технічного обслуговування подрібнювача на висоті (більше 1,5 м від підлоги) необхідно користуватися драбиною-стрем'янкою з площадкою і перилами не менше 1 м, а також спеціальною переносною драбиною. Переносні драбини встановлюються так, щоб нахил стійок був не менше 60°.

Не використовувати замість драбин, спеціальних помостів та площадок випадкові предмети, а також забороняється ставати на трубопроводи, огороження або безпосередньо на машини та механізми.

Перед початком роботи з електроприводом подрібнювача його обов'язково треба відключити від мережі живлення.

Місце ремонтних робіт та технічного обслуговування повинно бути достатньо освітлене загальним освітленням чи переносними електролампами напругою 36 В, у сирих приміщеннях, металевих резервуарах і котлах – напругою не більше 12 В.

Приміщення, де мають бути виконані роботи по технічному обслуговуванню і ремонту подрібнювача, повинно бути звільнене від тварин.

Необхідно перевірити і переконатися, що робочі місця, площадки і східці машин і виробничих будівель не захищені сторонніми предметами, не залиті мастилом, паливом та іншими технічними рідинами; не засипані технологічним продуктом і не забруднені грудками землі та грязі. При їх наявності робоче місце чи площадку необхідно очистити.

Перед початком роботи перевірити наявність води, мила, рушника біля рукомийника.

Перевірити наявність засобів пожежогасіння, а також переконатися у їх придатності.

5.1.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Відключити подрібнювач, на якому буде проводитись технічне обслуговування і ремонт, від електромережі живлення. Вивішуються відповідні

знаки безпеки та попереджувальні знаки біля місця проведення робіт і на пультах управління подрібнювачем.

Під час закручування (відкручування) гвинтів із шліцьовими головками користуватися викруткою, розмір робочої частини якої відповідає діаметру головки гвинта.

При роботі розсувним ключем необхідно губки ключа добре притискати до гайки і поворот робити у напрямку пересувної частини ключа.

Роботи по переміщенню значних вантажів виконувати під наглядом керівника, що відповідає за виконання вимог безпеки. До початку робіт упевнитися у справності всіх підйомних механізмів, тросів, ланцюгів і канатів, що всі механізми мають клеймо і підписи про строки випробувань і максимальну вантажопідйомність.

Люки між поверхами, отвори для спуску вантажу повинні мати огорожу висотою 1 м.

Підйомні механізми кріпити тільки до міцних балок, які мають надійні опори, виключіть їх ковзання, а також переміщення тросів і гаків з вантажем.

При підйомі вантажу або його опусканні за допомогою лебідок робити все повільно, без ривків і різкого гальмування. Не дозволяється знаходження людей під вантажем. Необхідно відгородити місце, де виконуються роботи.

При переміщенні важких вантажів по горизонталі на котках необхідно виконувати такі заходи безпеки: шлях, по якому буде переміщуватись вантаж, очистити від сторонніх предметів; покласти міцні дошки для вирівнювання шляху; вантаж переміщувати по дошках на котках; котки підбираються однакового діаметра, рівні і достатньої довжини, щоб кінці їх виступали з-під вантажу на відстань 20–30 см.

Різання, згинання та інші операції з трубами виконувати не на підмостках, призначених для монтажу трубопроводів, а на землі – у спеціальних пристосуваннях.

При з'єднуванні фланців збіг отворів в них перевірити спеціальними ломиками або оправками.

Якщо ремонт обладнання або трубопроводів проводиться біля електричних дротів під напругою, їх обов'язково потрібно знеструмити.

Випробування трубопроводів після ремонту проводити тільки після перевірки манометрів, а також всіх затворів, люків, запобіжних клапанів, регуляторів, інших контрольних приладів і вузлів.

При виконанні газо-електрозварювальних робіт ацетиленові генератори і зварювальні трансформатори встановлювати поза виробничими приміщеннями.

Забороняється зварювати конструкції, апарати, які перебувають під тиском, електричною напругою, в яких знаходяться горючі і легкозаймісті речовини та якщо вони свіжопофарбовані.

Зварювальний кабель від пошкодження захищати гумовими шлангами, а у місцях, де можливе механічне пошкодження, – металевими або дерев'яними коробами.

Залишки електродів збирати в металевий ящик з азбестовою прокладкою на дні.

Після закінчення зварювальних робіт трансформатор або агрегат постійного струму необхідно негайно вимкнути.

Працювати при наявності і справності огорожень, блокуючих та інших пристроїв, які забезпечують безпеку праці, і при достатньому освітленні робочого місця.

Не торкатися до механізмів і частин машин, які рухаються та обертаються, а також до струмоведучих частин обладнання, що знаходяться під напругою.

Перед пуском в роботу подрібнювача після технічного обслуговування або ремонту особисто переконатись у відсутності працівників в зоні роботи машин.

5.1.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи прибрати інструмент, прилади, пристрої. Ретельно передивитися місце проведення ремонтних робіт або проведення технічного обслуговування, прибрати всі відходи, залишки труб, металу.

Не залишати сторонніх предметів у механізмах подрібнювача.

Якщо спецодяг забруднений нафтопродуктами, не підходити до відкритого вогню і не куріть.

Засоби індивідуального захисту необхідно протерти, вичистити від пилу та іншого забруднення і здати на зберігання.

Після закінчення роботи про всі виявлені недоліки у роботі механізмів подрібнювача, пристосувань або інструменту повідомити керівника робіт.

5.1.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку аварійної ситуації (при появі сторонніх шумів під час роботи обладнання, запаху горілого, диму, виявленні несправностей, іскрінні електрообладнання, появі електричної напруги на деталях, підвищеному нагріванні поверхні підшипників, редукторів, інших частин машин, порушенні цілісності захисних пристроїв, бункерів, ємностей, забиванні вихідних отворів горловин тощо) зупинити подрібнювач в порядку, передбаченому правилами його експлуатації, в першу чергу, відключити подачу електроенергії.

Якщо відсутня безпека для здоров'я і життя, приступити до локалізації і усунення можливостей розвитку аварійної ситуації. У разі наявності загрози для здоров'я і життя покинути небезпечну зону, попередивши працівників, що знаходяться поблизу.

Не дозволяти проводити ремонт і усувати несправності в аварійній ситуації без зупинки подрібнювача. Після аварійної зупинки і при повторному запуску подрібнювач повинен бути звільнений від продукту переробки.

При виникненні пожежі чи загоранні терміново повідомити про це керівника робіт, пожежно-сторожову охорону, пожежну частину, підняти тривогу звуковим сигналом (сирена, радіостанція, дзвінок), приступити до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасник, пожежний кран, пісок тощо), за необхідності організувати евакуацію людей і тварин із небезпечної зони.

При ураженні електричним струмом швидше звільнити потерпілого від його

дії. Для цього швидко вимкнути рубильником ту частину електроустановки, до якої торкається потерпілий.

5.2 Забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача

Перш, ніж приступити до ремонту та обслуговування подрібнювача, необхідно: провести необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають подачі напруги на місце роботи внаслідок помилкового чи самовільного включення комутаційної апаратури; на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури вивісити плакати «Не включати працюють люди» або «Не включати – робота на лінії»; перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах; встановити заземлення (включити заземлюючі ножі або встановити переносне заземлення); захистити при необхідності робочі місця і струмоведучі частини, які залишилися під напругою, вивісити плакат «Стій! Напруга»; повідомити відповідальному працівнику об'єкта, на якому намічені роботи, про час початку і закінчення виконання робіт, для своєчасного вжиття заходів щодо безаварійної зупинки технологічних процесів; при необхідності, зупинити рух транспортних засобів по території об'єкта; після зупинки технологічного процесу, переконатися в відсутності сторонніх людей в зоні дії наряду, розпорядження; виконати технічні заходи, що забезпечують безпеку виконання робіт, зазначені в наряді або розпорядженні, якщо зазначених заходів недостатньо, або вони не забезпечують безпечного виконання робіт, вимагати видачі нового наряду або розпорядження з усунення недоліків; не допускається самостійно приймати рішення про зміну заходів безпеки, зазначених в наряді або розпорядженні [64].

Під час виконання робіт необхідно пам'ятати, що знята з струмоведучих частин напруга, може бути подана на них знову; стежити за наявністю і збереженням встановлених на робочому місці заземлень, огорожень, плакатів, знаків безпеки, запірних пристроїв, встановлених під час підготовки робочого

місця.

Не допускається присутність в зоні виконання робіт сторонніх людей.

Під час роботи виконавець робіт повинен: перевірити відповідність підготовленого робочого місця вказівкам наряду, розпорядження; провести інструктаж членам бригади (визначити технологію виробництва робіт, заходи безпеки при їх проведенні); перевірити справність інструменту, пристосувань, засобів захисту; здійснювати контроль за членами бригади під час роботи, за збереженням плакатів, заземлень, засобів захисту, встановлених під час підготовки робочого місця.

Перед пуском тимчасово вимкненого обладнання (якщо нарядом або розпорядженням не вказано іншого) необхідно оглянути, переконатися в готовності до прийому напруги і попередити обслуговуючий персонал про наступне вмикання.

Дверцята щитів подрібнювача повинні бути постійно закриті і замкнені, за винятком часу проведення робіт або оглядів.

Під час роботи повинні застосовуватися тільки безпечні прийоми праці, справні і відповідні характеру робіт засоби електрозахисту, пристосування і інструмент.

Ремонтні роботи в розподільних пристроях, збірках і на панелях розподільних щитків подрібнювача напругою до 1000 В провадиться за нарядом не менше ніж двома працівниками.

Роботи в порядку поточної експлуатації на розподільчих щитках і збірках в колах електродвигунів і їх пускової апаратури напругою до 1000 В можуть проводитися без наряду з дозволу вищого керівництва.

Коли роботи проводяться без накладення заземлення, повинні бути прийняті додаткові заходи, що перешкоджають помилковому поданню напруги до місця роботи: механічний запор приводів, рубильників, застосування ізоляційних накладок в рубильниках. Якщо зробити це неможливо, то необхідно від'єднати кінці лінії живлення.

На всіх пристроях, до яких може бути подана напруга, вивішується плакат

«Не включати – працюють люди».

Зміна згорілих плавких вставок, запобіжників при наявності рубильників, повинна проводитися при знятій напрузі. Зміну вставок запобіжників під напругою необхідно проводити в захисних окулярах, діелектричних рукавичках або користуючись ізолюючими кліщами.

Вимірювання слід проводити в діелектричних рукавичках. Рукоятки кліщів повинні бути сухими і чистими. Вимірювання струму вимірювальними кліщами в установках до 1000 В допускається застосування з виносним амперметром. При вимірах не допускається нагинання корпусу над приладом для читання свідчення на амперметрі. Кліщі необхідно тримати в руках навісу. Забороняється спиратися на будь-які струмопровідні предмети, що мають з'єднання з землею.

При огляді повітряної лінії забороняється торкатися до ушкодженого або лежачого на землі проводу. Підходити до такого проводу ближче, ніж на 5 м забороняється. При виявленні обірваного проводу негайно відключити лінію, а до відключення вжити заходів до охорони ділянки з лежачим на ній проводом від наближення людей.

При наближенні грози всякі роботи на лініях і підстанціях припиняються. Під час дощу зовнішні роботи з електричними пристроями не ведуться.

Під час роботи забороняється: прибирати або переставляти попереджувальні знаки, тимчасові або постійні огорожі в зоні обслуговування, встановлені технологічним персоналом; проникати за огорожі технологічних установок, агрегатів; виконувати під час дощу і туману на повітряних лініях електропередачі, у відкритих розподільних пристроях роботи, що вимагають застосування електрозахисних засобів.

5.3 Розрахунок захисного заземлення подрібнювача

1. Визначимо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін:

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{гр}} \cdot k_{\text{с}}^{\text{в}}, \quad (5.1)$$

де $\rho_{\text{гр}}$ – питомий опір ґрунту $\rho_{\text{гр}} = 80 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

k_c^B – коефіцієнт сезону $k_c^B = 1,8$;

$$\rho_B = 80 \cdot 1,8 = 144 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

2. Визначимо опір одиничного вертикального електрода

$$R_B = \frac{0,366\rho_B}{L} \cdot \left[\lg\left(\frac{2L}{d}\right) + 0,5 \lg\left(\frac{4S+L}{4S-L}\right) \right], \quad (5.2)$$

де S – відстань від денної поверхні до середини вертикально розташованого електрода, м:

$$S = t_0 + 0,5 L, \quad (5.2)$$

t_0 – заглиблення електродів $t_0 = 0,95$ м;

L – довжина вертикальних заземлювачів $L = 2,5$ м;

d – діаметр вертикальних електродів $d = 11 \text{ мм} = 0,011$ м;

$$S = 0,95 + 0,5 \cdot 2,5 = 2,2 \text{ м},$$

$$R_B = \frac{0,366 \cdot 144}{2,5} \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot 2,5}{0,011}\right) + 0,5 \lg\left(\frac{4 \cdot 2,2 + 2,5}{4 \cdot 2,2 - 2,5}\right) \right] = 63 \text{ Ом}$$

3. Визначимо приблизну кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_B = 1$ і припустимий опір заземлюючого обладнання $R_d = 4$ Ом:

$$n_0 = \frac{R_B}{\eta_B R_d}, \quad (5.3)$$

$$n_0 = \frac{63}{1 \cdot 4} = 15,75 \approx 16,$$

По n_0 уточнюємо $\eta_B^1 = 0,63$ і визначаємо n_1 :

$$n_1 = \frac{R_B}{\eta_B^1 R_d}, \quad (5.4)$$

$$n_0 = \frac{63}{0,63 \cdot 4} = 25,$$

Приймаємо $n = 25$.

Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів визначається за формулою:

$$L_r = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (5.5)$$

де a – відстань між стержнями заземлювача, $a = 5$ м;

$$L_r = 1,05 \cdot 5 \cdot 25 = 131,25 \text{ м.}$$

Визначаємо опір горизонтальної смуги:

$$R_r = \left(0,366 \cdot \frac{\rho_r}{L_r}\right) \cdot 0,51g\left(2 \cdot \frac{L_r^2}{bt_0}\right), \quad (5.6)$$

де ρ_r – розрахований опір для горизонтальної смуги:

$$\rho_r = \rho_{гр} \cdot k_c^r; \quad (5.7)$$

k_c^r – коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги $k_c^r = 4,5$;

b – ширина горизонтальної смуги $b = 0,08$ м;

$$\rho_r = 80 \cdot 4,5 = 360 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

$$R_r = \left(0,366 \cdot \frac{360}{131,25}\right) \cdot 0,51g\left(2 \cdot \frac{131,25^2}{0,08 \cdot 0,95}\right) = 2,83 \text{ Ом.}$$

Визначаємо сумарний опір контуру заземлення:

$$R = \frac{R_B R_r}{R_B \eta_r + n R_r \eta_B}, \quad (5.8)$$

де η_r – коефіцієнт використання горизонтальної смуги $\eta_r = 0,32$:

$$R = \frac{63 \cdot 2,83}{63 \cdot 0,32 + 25 \cdot 2,83 \cdot 0,63} = 2,75 \text{ Ом.}$$

В результаті розрахунку контуру заземлення із наступними параметрами: питомий опір ґрунту $\rho_{гр} = 80$ Ом·м; заглиблення електродів $t_0 = 0,95$ м; довжина вертикальних заземлювачів $L = 2,5$ м; діаметр вертикальних електродів $d = 0,011$ м; відстань між стержнями заземлювача, $a = 5$ м; ширина горизонтальної смуги $b = 0,08$ м отримуємо: кількість електродів $n = 25$; довжина горизонтальної з'єднувальної смуги $L_r = 131,25$ м; опір одиничного вертикального електрода $R_B = 63$ Ом; опір горизонтальної смуги $R_r = 2,83$ Ом; сумарний опір контуру заземлення $R = 2,75$ Ом.

5.4 Дії в надзвичайних ситуаціях в кормоцеху

Усі працівники підприємства, незалежно від займаних посад, повинні знати і суворо виконувати вимоги Інструкції. За невиконання вимог Інструкції персонал

підприємства може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

Порядок оповіщення адміністрації та персоналу про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.

Інформацію про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації підприємство, установа, організація може отримати:

- від адміністрації потенційно-небезпечного об'єкта, в зоні можливого ураження від наслідків аварії на якому знаходиться підприємство – телефоном та за допомогою вуличних гучномовців;

- з мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання (відображення) інформації, після попереджувального сигналу «УВАГА ВСІМ !». З отриманням повідомлення про загрозу виникнення НС, одночасно з проведенням заходів, які пропонуються в повідомленні органів виконавчої влади, приводити в готовність систему управління:

- здійснюється оповіщення та збір керівного складу і особового складу комісії з питань НС, відповідального за евакуацію;

- перевіряється і приводиться в готовність система зв'язку, уточняється порядок взаємодії з відповідними органами місцевої держадміністрації, спеціалізованими службами і силами цивільного захисту постійної готовності;

- організується чергування членів комісії з питань НС;

- уточнюються розрахунки щодо захисту персоналу та порядок забезпечення дій і заходів з цивільного захисту.

У робочий час персонал суб'єкта (об'єкта) господарювання оповіщається про надзвичайну ситуацію черговим (секретарем) за допомогою внутрішньої гучномовної системи оповіщення і зв'язку (при її наявності). У випадку несправності або відсутності внутрішньої гучномовної системи зв'язку, оповіщення здійснюється з використанням внутрішніх телефонів.

Секретар (черговий) об'єкту, який отримавши повідомлення про загрозу або виникнення НС та прогноз її розвитку, негайно доповідає керівнику суб'єкта господарювання або особі, яка його заміщує.

Керівник суб'єкта господарювання у неробочий час оповіщається працівником охорони по телефону. У залежності від обстановки за рішенням керівника здійснюється оповіщення решти персоналу (за списком посадових осіб із зазначенням їх домашньої адреси, службового і домашнього телефонів).

Кожен працівник підприємства повинен знати сигнали оповіщення цивільного захисту та вміти правильно діяти в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

Порядок видачі персоналу засобів індивідуального захисту.

Для захисту органів дихання на суб'єкті господарювання повинен бути запас ватно-марлевих пов'язок і протигазів.

Засоби індивідуального захисту видаються після отримання відповідного розпорядження або по рішенню керівника суб'єкта (об'єкта) господарювання на складі майна.

Працівники, які отримали такі засоби, повинні перевірити стан та мати їх постійно при собі або на робочому місці.

Протигази переводяться у робочий стан по команді або самостійно, при наявності небезпеки забруднення повітря.

Порядок виділення автомобільного транспорту для проведення евакуаційних заходів.

При проведенні термінової евакуації персоналу з небезпечних зон залучається весь наявний службовий транспорт підприємства та транспорт відповідно до укладених угод з транспортними підприємствами.

Порядок дій у разі пожежі

1. У разі виявлення ознак пожежі (горіння) кожний працівник суб'єкту господарювання зобов'язаний негайно повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового на суб'єкті господарювання.

Керівник суб'єкта господарювання (черговий) зобов'язаний негайно повідомити про пожежу за телефоном 101.

При цьому, необхідно назвати:

- місцезнаходження суб'єкта господарювання, вказати кількість поверхів будинку, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити (за можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі первинними засобами пожежогасіння та збереження матеріальних цінностей;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби.

2. Посадова особа об'єкта, що прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана оперативна рятувальна служба цивільного захисту (продублювати повідомлення), довести подію до відома власника підприємства;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідуванням пожежі;

- припинити роботи в будинку (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідування пожежі;

- здійснити, у разі необхідності, відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та здійснити інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленню будинку;

- перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння, протидимового захисту;

- організувати зустріч підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в установці техніки на зовнішні джерела водопостачання;

– одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;

– забезпечити дотримання безпеки праці працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі.

3. З прибуттям на пожежу пожежно-рятувальних підрозділів черговий забезпечує зустріч та безперешкодний доступ їх на територію об'єкта, за винятком випадків, коли чинним законодавством встановлений особливий порядок допуску.

4. Після прибуття пожежно-рятувальних підрозділів адміністрація та персонал підприємства, будинку чи споруди зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння пожежі з приводу конструктивних і технологічних особливостей об'єкта, де виникла пожежа, прилеглих будівель та пристроїв, організувати залучення сил та засобів об'єкта до вжиття необхідних заходів, пов'язаних із ліквідацією пожежі та попередженням її поширенню.

5.5 Висновки з розділу

Представлені основні етапи охорони праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача. Розглянуті питання забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача. В результаті розрахунку контуру заземлення отримані значення кількості електродів, довжина горизонтальної з'єднувальної смуги і сумарний опір контуру заземлення.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ОДНОСТУПІНЧАСТОГО ПОДРІБНЮВАЧА СОКОВИТИХ КОРМІВ

6.1 Розрахунок економічної ефективності застосування одноступінчастого подрібнювача коренеплодів

Перспективність застосування одноступінчастого подрібнювача коренеплодів, запропонованого на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, може бути оцінена економічною ефективністю його використання.

Економічна ефективність визначається шляхом зіставлення витрат на виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів новою машиною і базовим зразком.

Економічні показники нової подрібнювача визначалися за методикою визначення економічної ефективності використання техніки в народному господарстві [53].

В якості базового зразка (об'єкта порівняння) при розрахунку економічної ефективності нової машини був прийнятий подрібнювач КПИ-4. Базовий зразок, як і новий подрібнювач здатний подрібнювати коренеплоди. Подрібнювач КПИ-4 випускається, його вартість на 01.09.2019 року становить 15000 грн.

Для визначення оптової ціни нового подрібнювача був застосований спрощений спосіб розрахунку оптової ціни однотипних машин за порівняльною вагою [57, 58].

$$C_{o.n.} = C_{o.б.} \cdot \frac{m_{y.n.}}{m_{y.б.}}, \text{ грн.}, \quad (6.1)$$

де $C_{o.б.}$, $C_{o.n.}$ – оптова ціна базового зразка і нової машини, відповідно, грн;
 $m_{y.б.}$, $m_{y.n.}$ – маса базового зразка і нової машини відповідно, кг.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності нового подрібнювача коренеплодів наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності нового подрібнювача коренеплодів

Показники	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення	
			КПИ-4	Новий подрібнювач
1. Маса	m	кг	185	98
2. Оптова ціна	C	грн	15000	7946
3. Середньорічне завантаження	T	год.	504	525
4. Продуктивність	Q	т/год	2,5(1,8)	2,4
5. Споживана потужність	N	кВт	2,8	2,1
6. Норма відрахувань:				
а) на амортизацію	P_A	%	14,2	14,2
б) на технічне обслуговування і ремонт	$P_{ТО \text{ и } TP}$	%	6	6
7. Коефіцієнт перекладу оптової ціни до балансової	-	-	1,1	1,1
8. Обслуговуючий персонал	-	люд.	1	1
9. Заробітна плата (тарифна ставка)		грн/люд·год	11,5	11,5

Економічна ефективність від впровадження нової техніки оцінюється за допомогою річного економічного ефекту і терміну окупності додаткових капіталовкладень.

Отримані вище результати, а також основні техніко-економічні показники для базового і нового подрібнювача коренеплодів використані в якості вихідних даних для розрахунку річного економічного ефекту і терміну окупності додаткових капіталовкладень.

Результати розрахунку річного економічного ефекту представлені в таблиці 6.2.

З результатів розрахунку видно, що джерелом отримання економічного ефекту є зниження витрат на електроенергію, при зниженні матеріаломісткості та енергоємності процесу подрібнення коренеплодів.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку річного економічного ефекту

Показники	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення	
			КПІ-4	Новий подрібнювач
1. Матеріалоємність	$M = m/Q$	кг·год/т	74	58,72
2. Енергоємність	$E = N/Q$	кВт·год/т	1,12	0,88
3. Прямі витрати, в тому числі:	$I = A + P_{mo} + E + 3_n$	грн/т	29,19	24,85
- відрахування на амортизацію	$A = \frac{Ц \cdot 1,1 \cdot P_A}{Q \cdot T \cdot 100\%}$	грн/т	6,51	3,5
- відрахування на ремонт і ТО	$P_{mo} = \frac{Ц \cdot 1,1 \cdot P_{ТОиТР}}{Q \cdot T \cdot 100\%}$	грн/т	2,66	1,47
- витрати на електроенергію	$E = (N \cdot Ц_e) / Q$	грн/т	3,92	3,08
- витрати на заробітну плату	$3_n = 3_{\psi} / Q$	грн/т	16,1	16,8
4. Питомі капіталовкладення	$K = \frac{Ц \cdot 1,1}{Q \cdot T}$	грн/т	45,85	24,29
5. Сума приведених витрат	$C = I + E_H K$	грн/т	36,085	28,49
6. Річний економічний ефект	$E_p = (C_B - C_H) \cdot Q_H T_H$	грн		9569,7
7. Термін окупності капіталовкладень, років	$T = K_H / E_p$	років	-	1,6

Розрахунок економічної ефективності нового подрібнювача коренеплодів в порівнянні з подрібнювачем КПІ-4 показав:

- річний економічний ефект становить 9569,7 грн;
- термін окупності капіталовкладень 1,6 роки.

6.2 Висновки з розділу

1. При зіставленні витрат на виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів нового і промислового подрібнювача КПІ-4 економічні розрахунки показали, що економічний ефект досягається за рахунок зниження прямих експлуатаційних витрат (відрахувань на амортизацію, на ТО і поточний ремонт, витрат на електроенергію та інших витрат).

2. Застосування запропонованого подрібнювача коренеплодів дозволить отримати річний економічний ефект 9569,7 грн, при цьому термін окупності додаткових капітальних вкладень складе 1,6 року.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу проведених досліджень виявлена необхідність розробки подрібнювача коренеплодів з криволінійними ножами, здатного відрізати пласт коренеплоду і подрібнювати його до заданого розміру відповідно до зоотехнічних вимог подрібнення кормів з максимальною продуктивністю і мінімальними енергоємністю і матеріаломісткістю.

2. Удосконалено класифікацію способів подрібнення, пристроїв і робочих органів подрібнювачів і структурних граф подрібнювача з криволінійними ножами, дозволили визначити шляхи підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення, розробити і обґрунтувати ефективну конструктивно-технологічну схему подрібнювача коренеплодів.

3. Розроблено математичні моделі, які дозволяють визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача і розкривають вплив основних факторів на підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів робочим органом, кромка леза ножа якого представляє ділянку спіралі Архімеда.

4. Експериментально-теоретичними дослідженнями встановлено:

– раціональні конструктивно-режимні параметри подрібнювача коренеплодів:

– кількість ножів на диску $k = 3$;

– кількість подільників на ножі (для ВРХ) $z_d = 6$;

– кут встановлення подільників $\alpha_{dil} = 93^\circ$;

– частота обертання робочого органу $n_{ниж} = 754 \text{ хв}^{-1}$;

– діаметр диска $d = 360 \text{ мм}$;

– раціональна подача $= 0,55-0,69 \text{ кг/с}$;

– розбіжність результатів експериментальних і теоретичних досліджень на встановлених раціональних режимах подрібнення становить 3–5 %.

5. Розроблено одноступінчастий подрібнювач, який дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки, а також обґрунтовані його

оптимальні конструктивно-технологічні параметри.

6. Представлені основні етапи охорони праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача. Розглянуті питання забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача. В результаті розрахунку контуру заземлення отримані значення кількості електродів, довжина горизонтальної з'єднувальної смуги і сумарний опір контуру заземлення.

7. При зіставленні витрат на виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів нового і промислового подрібнювача КПИ-4 економічні розрахунки показали, що економічний ефект досягається за рахунок зниження прямих експлуатаційних витрат (відрахувань на амортизацію, на ТО і поточний ремонт, витрат на електроенергію та інших витрат). Застосування запропонованого подрібнювача коренеплодів дозволить отримати річний економічний ефект 9569,7 грн, при цьому термін окупності додаткових капітальних вкладень складе 1,6 року.

Список використаної літератури

1. Передняя В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота. Мн.: Ураджай, 1990. 152 с.
2. Копил А.М. Підготовка, зберігання та використання кормів. Київ: Урожай, 1973. 290 с.
3. Манько В.Н. Совершенствование процесса измельчения корнеклубнеплодов и обоснование параметров рабочих органов измельчителя. Киев, 1988. 199 с.
4. Галкин А.Ф. Комплексная механизация производственных процессов в животноводстве. М.: Колос, 1974. 368 с.
5. Резник Е.И. Кормоцехи на фермах. М.: Россельхозиздат, 1980. 181 с.
6. Девяткин А.И. Рациональное использование кормов. М.: Росагропромиздат, 1990. 256 с.
7. Столярчук П.З., Боярский Л.Г. Заготівля кормів і нормована годівля сільськогосподарських тварин. Львів: Каменяр, 1989. 176 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
9. Пилипенко А.Н., Тимановский А.В. Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах. М.: Росагропромиздат, 1989. 144 с.
10. Дешко В.И. К вопросу повышения производительности измельчителя корнеплодов ИКМ-5. Механизация и электриф. с.-х.: Респ. межвед. темат. науч.-техн. сб. Вып. 44. Киев, Урожай 1979. С. 62-66.
11. Резник Е.И., Алябьев Е.В. Механизация приготовления кормов на животноводческих фермах и комплексах. М.: ВНИИТЭИСХ, 1983. 60 с.
12. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние. 1978. 560 с.
13. Мельникова С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Механизация животноводства. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.

14. Гноевой В.И. Справочник по качеству кормов. К.: Урожай, 1985. 192 с.
15. Вольвак С.Ф., Ковалев С.В. Классификация способов измельчения и конструкций измельчителей корнеплодов. Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. №68(91). Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2006. 251 с.
16. Дацишин О.В., Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П. Механізація переробки і зберігання плодовоовочевої продукції: Навч. Посібник. К.: Мета, 2003. 288 с.
17. Залигін О.Г., Гусаков С.О., Заборський В.П. Мала механізація у присадибному і фермерському господарствах. К.: Урожай, 1996. 368 с.
18. Щеглов В.В., Боярский Л.Г. Корма: Приготовление, хранение, использование. М.: Агропромиздат, 1990. 255 с.
19. Справочник по машинам и оборудованию животноводческих ферм. Под ред. канд. техн. наук А.Э. Мянда. Х.: Прапор, 1979. 167 с.
20. Завражнов А.И., Николаев Д.И. Механизация приготовления и хранения кормов. М.: Агропромиздат, 1990. 336 с.
21. Носов М.С. Механизация работ на животноводческих фермах. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 415 с.
22. Смирнов Ю.Г. Малая механизация на приусадебном участке. М.: Колос, 1995. 192 с.
23. Белехов И.П., Четкин А.С. Механизация и автоматизация животноводства. М.: Агропромиздат, 1991. 431 с.
24. Вольвак С.Ф. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів робочих органів гнучкого універсального малогабаритного кормо-приготувального агрегату у варіанті подрібнення грубих кормів: дис.... канд. техн. наук: 05.20.01. Луганськ: ЛСГІ, 1998. 244 с.
25. Нагирный Ю.П. Многокритериальная оценка и выбор решений. Механизация и электрификация сельского хозяйства. №9. 1990. С. 9-12.
26. Нагирный Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень. К. Урожай, 1994. 216 с.

27. Сиротюк В.М. Машины та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник. Львів, «Магнолія», видавець В.М. Піча. 2004. 200 с.
28. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М. Механізація виробництва продукції тваринництва. К.: Урожай. 1994. 264 с.
29. Мещеряков Б.В. Исследование работы и обоснование оптимальных параметров рабочих органов шнековых измельчителей сочных кормов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01. Омский сельскохозяйственный институт имени С.М. Кирова. Омск, 1967. 20 с.
30. Арнаутов В.И. Исследование и совершенствование рабочих органов машин для мелкого измельчения сочных кормов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 185. Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. Харьков, 1968. 30 с.
31. Шацький В.В., Братішко В.В. Двоступеневий подрібнювач зелених кормів. Мелітополь: Видавництво ТДАТА, 2007. С. 90-97.
32. Брагинец Н.В., Палишкин Д.А. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства: учебн. [3-е изд.]. М.: Агропромиздат, 1991.
33. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М. Механізація виробництва продукції тваринництва. К.: Урожай, 1994.
34. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І., Манько В.М., Чос М.М. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. К.: Урожай, 1999.
35. Коба В.Г., Брагинец Н.В., Мурусидзе Д.Н., Некрашевич В.Ф. Механизация и технология производства продукции животноводства. М.: Колос, 1999.
36. Крамаренко Л.П., Резник Н.Е. Сопротивление растений перерезанию. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Т. 4. М. Л.: Сельхозгиз, 1940. С. 180-195.
37. Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Россельхозиздат, 1987. 286 с.
38. Ясенецкий В.А., Гончаренко П.В. Машины для измельчения кормов. К.:

Тэхніка, 1990. 166 с.

39. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т. М.: Колос, 1965. Т. 3. 384 с.

40. Ивашко А.А. Вопросы теории резания органических материалов лезвием. 1958. № 2. С. 34-37.

41. Whittimore H.L., Petrenko S.N., U.S. Bur. Standards Tech., Paper 201, 1961.

42. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. М.: Наука, 1977. 223 с.

43. Павловський М.А. Теоретична механіка. К.: Техніка, 2002. 510 с.

44. Ляшко И.И. Скоробогатько А.А. Методы вычислений. К.: Вища школа, 1977. 406 с.

45. Копченлова Н.В., Марон И.А. Вычислительная математика в примерах и задачах. М.: Наука, 1972. 337 с.

46. Веренич Ф.Л., Апухтин П.Я., Колеснев Г.Ф. Технология рабочих органов машин для механизации животноводческих ферм и комплексов. Минск, 1980. С. 16-24.

47. Урьев Н.Б. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов в дисперсных системах. М.: Знание, 1980. 64 с.

48. Царенко О.П., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. Механіко-технологічні властивості с.-г. матеріалів. К.: Мета, 2003. 448 с.

49. Коваленко И.Н., Филиппова А.А. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1982. 256 с.

50. Павловський М.Л. Теоретична механіка. К.: Техніка, 2002. 310 с.

51. Соловйов С.М. Основи наукових досліджень. К.: Центр учбової літератури, 2007. 176 с.

52. Іноземцев Г.Б., Козирський В.В. Основи наукових досліджень електрифікованих технологій в аграрному виробництві. К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2003. 160 с.

53. Морозов Н.М. Экономическая эффективность комплексной механизации животноводства. М.: Россельхозиздат, 1986. 224 с.

54. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности

использования машин и оборудования в животноводстве. Запорожье: ЦНИПТИМЭЖ, 1983. 76 с.

55. Краюхин Г.А. Экономическая эффективность изобретений и рациональных предложений. Л.: Лениздат, 1983. 120 с.

56. Мельник І.І. Оптимізація комплексів машин і структури машинно тракторного парку та обладнання технічного сервісу. К.: Національній аграрний університет, 2001. 150 с.

57. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 302 с.

58. Гурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистики. М.: Высшая школа, 1975. 333 с.

59. ст. 2 Закону України «Про пожежну безпеку»

60. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

61. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

62. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. МОЗ України. К.: ІСДО, 1993.

63. ДНАОП 0.03-3.24-97. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

64. Закон України "Про пожежну безпеку" від 17 грудня 1993 року №3745-ХІІ.

Додатки

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра механізації виробничих процесів у тваринництві

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів одноступінчатого подрібнювача соковитих кормів

Виконав: студент групи МГМ-2-19
Громов Костянтин Олексійович

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Гаврильченко Олександр Степанович

Дніпро, 2020

Метою досліджень є підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів, шляхом розробки і використання подрібнювача робочий орган якого дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Об'єктом дослідження є технологічний процес подрібнення коренеплодів подрібнювачем, що дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

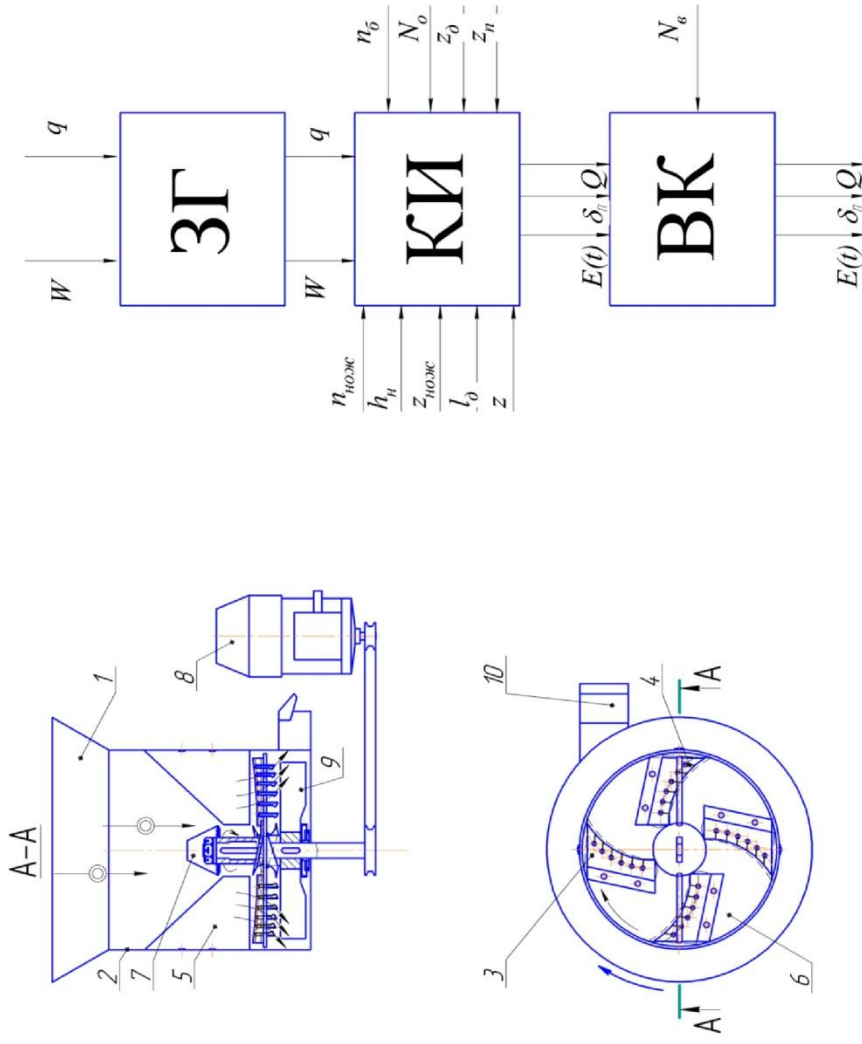
Предметом дослідження є визначення закономірностей технологічного процесу подрібнення коренеплодів подрібнювачем, що дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.

Для досягнення поставленої мети необхідне вирішення таких завдань:

1. Визначити шляхи підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів подрібнювачем, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.
2. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему подрібнювача коренеплодів, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.
3. Теоретично обґрунтувати технологічний процес подрібнення і параметри робочих органів подрібнювача, що дозволяє об'єднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.
4. Провести експериментальні дослідження енергетичних та якісних показників роботи.
5. Визначити техніко-економічну ефективність розробленого подрібнювача.

Теоретичне дослідження технологічного процесу подрібнення коренеплодів 4

Метою теоретичних досліджень є математичне обґрунтування технологічного процесу подрібнення і визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів робочих органів подрібнювача коренеплодів, робочий орган якого дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки.



Конструктивно-технологічна схема а й б розрахункова модель функціонування одноступінчастого подрібнювача коренеплодів:

□ — вихідний матеріал; — подрібнений матеріал;

- 1 - завантажувальна горловина; 2 - камера подрібнення; 3 - ніж; 4 - подільники; 5 - протирізі;
- 6 - Диск; 7 - відбивач; 8 - двигун; 9 - лопатка швирялка; 10 - вивантажувальна горловина.

Визначення площі силового контакту деформованої площини 5

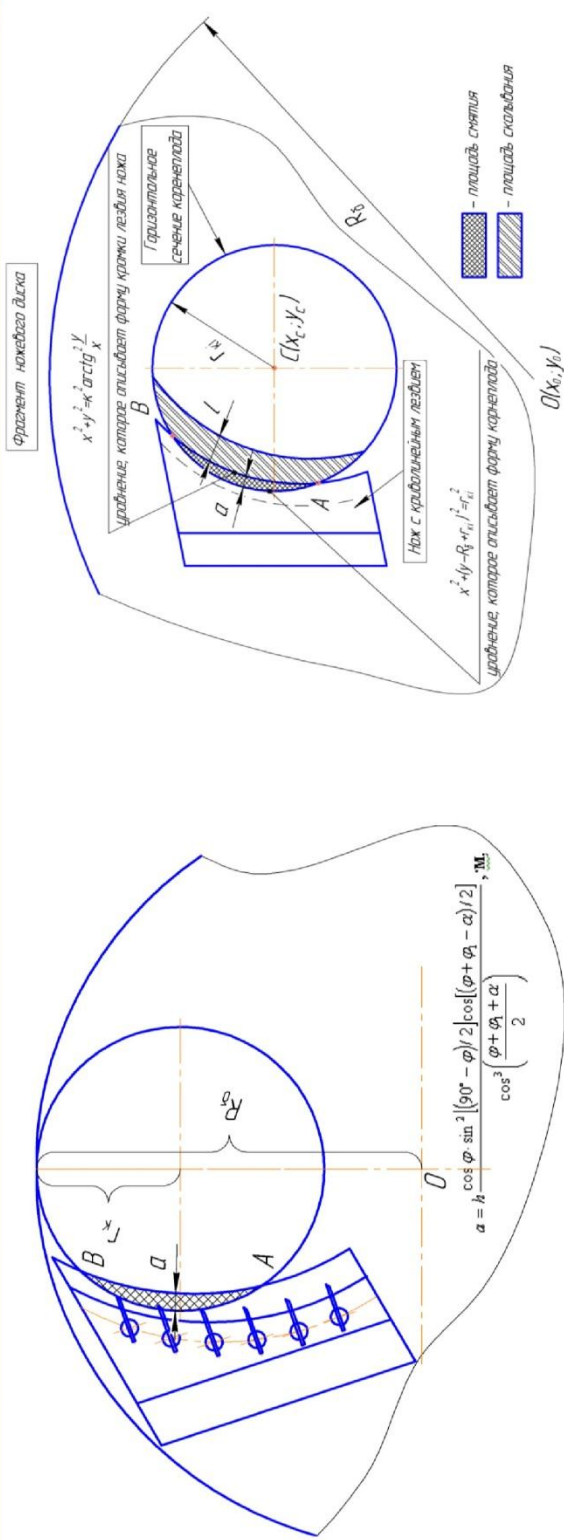
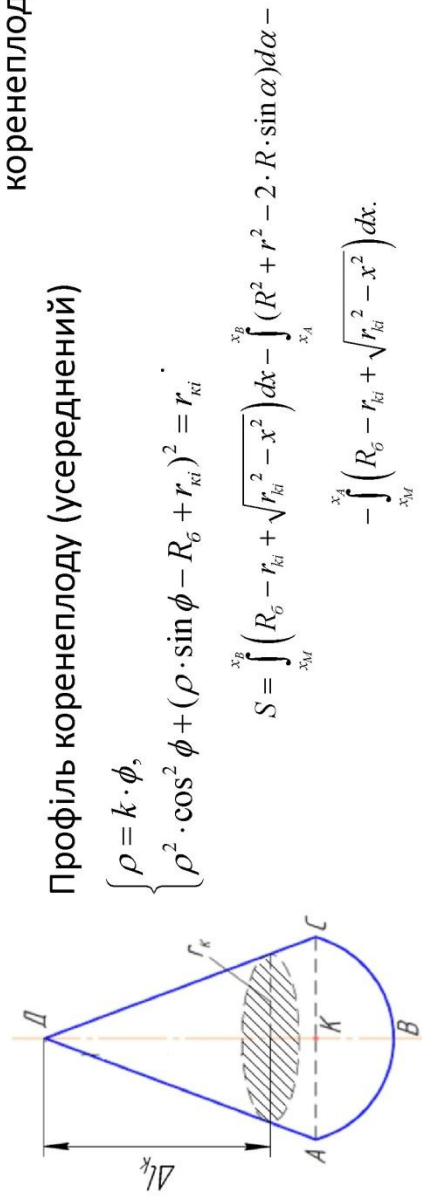


Схема до обґрунтування кривизни леза ефективного ножа для подрібнення коренеплодів

Схема для визначення площі контакту ножа з коренеплодом



Руйнуюча сила, яка витрачається на подрібнення коренеплідів 6

$$S_{cm} = \int_{\varphi}^{\varphi_2} \left(\frac{2 \cdot R_G \cdot r_{ki} - R_G^2 - \kappa^2 \varphi^2}{(2 \cdot r_{ki} - 2 \cdot R_G) \cdot \sin \varphi} - \kappa \varphi \right) d\varphi$$

Площі контактної поверхні при зминанні і
сколюванні

№ ділянки (відраховується від першого контакту)	I	II	III	IV
$S_{cm}, \text{мм}^2$	134,84	310,79	304,1	189,14
$S_{ск}, \text{мм}^2$	572,40	1015,34	817,23	181,8



$$F_{рез} = S_{cm} \cdot \sigma_{сж}, \text{ H,}$$

Графік залежності
руйнуючої сили, яка
витрачається на
подрібнення
коренеплідів від розмірів
контактної поверхні
стиснення

Визначення продуктивності подрібнювача коренеплодів

7

Продуктивність подрібнювача коренеплодів лезо ножів якого являє собою ділянку спіралі Архімеда, а також конструкція яких включає вертикальні ножі подільники, які додатково подрібнюють відрізани частинки коренеплоду визначається з виразу:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot h_n \cdot n_{\text{нож}} \cdot z_{\text{нож}} \cdot \rho \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \lambda \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \delta, \text{ кг/год},$$

де R – зовнішній радіус, який описує горизонтальний ніж, м;

r – внутрішній радіус, який описує горизонтальний ніж, м;

h_n – висота виходу ножа над диском, $h_n = 0,01 - 0,02$ м;

$n_{\text{нож}}$ – частота обертання ножового диска, $n_{\text{нож}} = 600 - 900$ хв⁻¹;

$z_{\text{нож}}$ – кількість горизонтальних ножів, $z = 2 - 4$;

ρ – щільність коренеплодів, $\rho = 500 - 700$ кг/м³;

ψ_1 – коефіцієнт використання довжини леза ножа, $\psi_1 = 0,7 - 0,85$;

ψ_2 – коефіцієнт використання конструктивної ширини ножа, $\psi_2 = 0,8 - 1$;

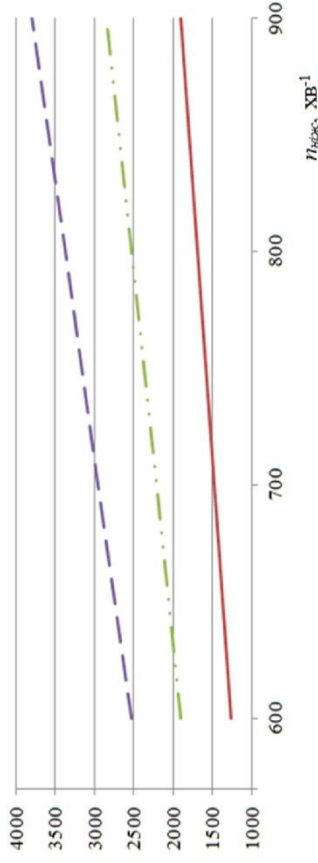
λ – коефіцієнт заповнення робочої камери в межах виходу ножа, $\lambda = 0,3 - 0,65$;

β_1 – коефіцієнт, що враховує ріжучо-відштовхувальну дію ножів на продукт, $\beta_1 = 0,3 - 0,4$;

β_2 – коефіцієнт, який враховує опір, утворений ножами-подільниками, $\beta_2 = 0,4 - 1$;

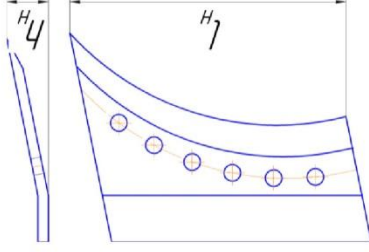
δ – коефіцієнт використання прохідного отвору диска, $\delta = 0,7 - 1$.

Q , кг/год



Теоретична залежність продуктивності запропонованого подрібнювача коренеплодів від частоти обертання диска при різній кількості ножів:

— 2 ножа; — · — · — 3 ножа; - - - - 4 ножа.



Ніж з лезом по формі спіралі Архімеда

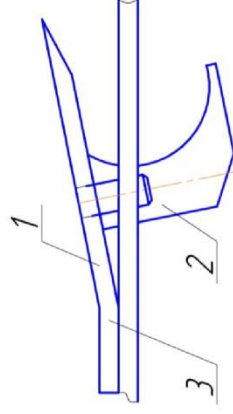


Схема установки ножа і подільника:
1 - ніж, 2 - ніж-дільник, 3 - диск.

Програма та методика експериментальних досліджень подрібнювача коренеплодів 8

Метою експериментальних досліджень є підтвердження теоретичних передумов, визначення оптимальних конструктивних параметрів робочих органів та режимів роботи подрібнювача, які забезпечують необхідну продуктивність і мінімальну енергоємність процесу подрібнення при високій якості подрібненого матеріалу.

Для її досягнення були поставлені наступні **завдання**:

- дослідити механіко-технологічні властивості, визначити геометричні параметри, подрібнюваного і подрібненого корму і їх вплив на процес подрібнення;
- провести пошукові експерименти для визначення фактичної продуктивності подрібнювача, потужності необхідної на подрібнення і якісних показників подрібнення;
- провести оптимізацію конструктивних і режимних параметрів подрібнювача коренеплодів за основним показником: питомої енергоємності процесу подрібнення E .

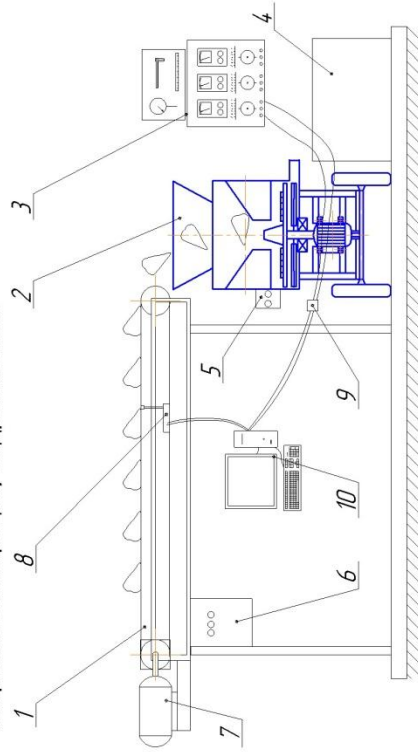


Схема експериментальної установки:

- живильний транспортер; 2 - подрібнювач коренеплодів;
- комплект реєструвальної і вимірної апаратури;
- ящик для подрібнених коренеплодів; 5 - пульт управління подрібнювачем коренеплодів; 6 - пульт управління транспортером; 7 - привідна станція транспортера;
- тензометричний датчик контролю маси;
- датчик сили струму; 10 - ПЕОМ.



Загальний вигляд камери подрібнення:

- диск; 2 - ніж; 3 - подільник; 4 - відбивач.

Основна технічна характеристика експериментальної установки подрібнювача коренеплодів:

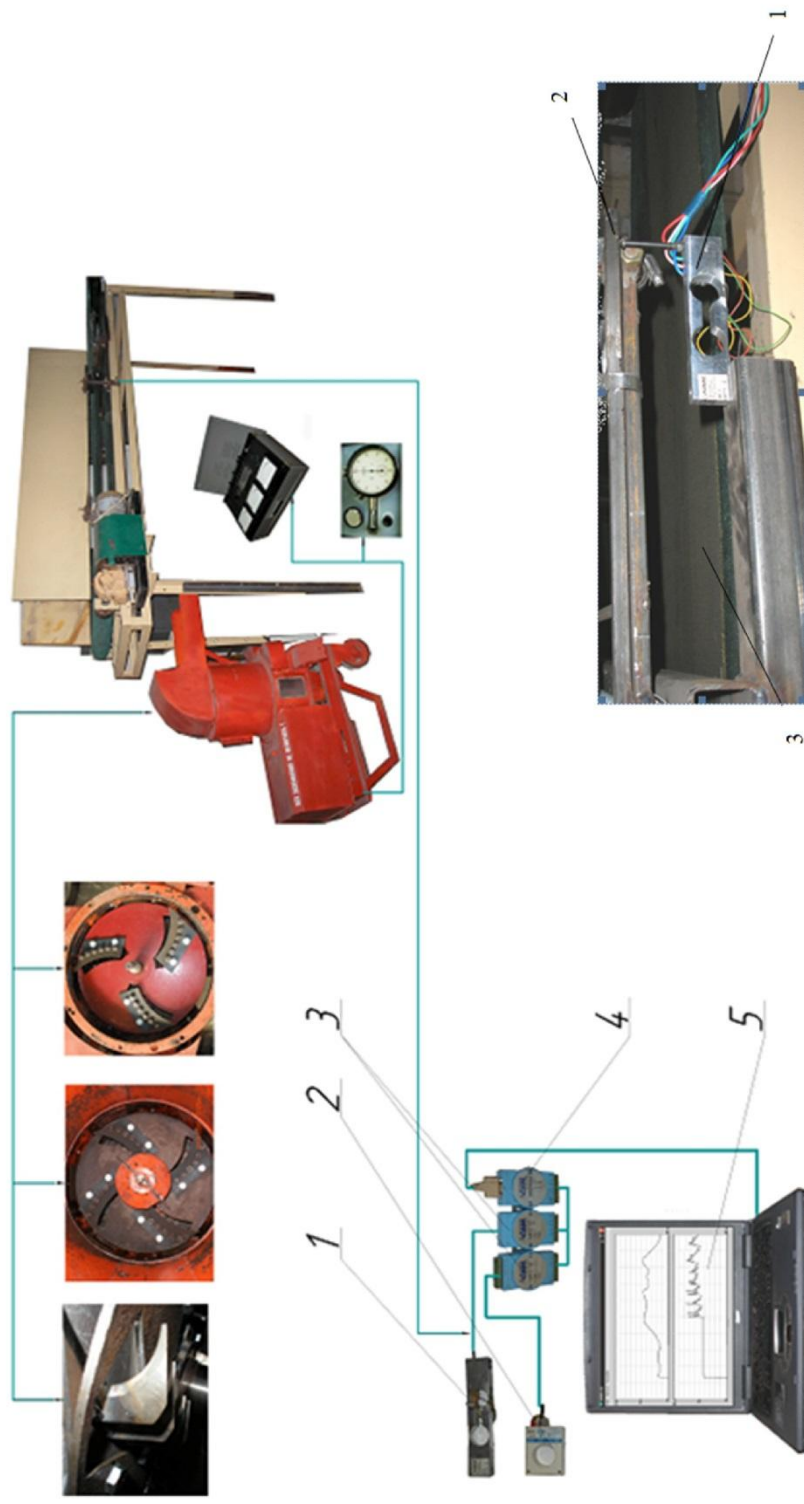
- внутрішній радіус камери подрібнення $r_k = 185$ мм;
- висота подрібнювальної камери $h = 180$ мм;
- діаметр диска $D_d = 360$ мм;
- число ножів на диску $K_n = 2, 3, 4$;
- число протирізів $K_p = 2, 3, 4$;
- частота обертання вала $n_6 = 700, 800, 900$ хв s^{-1} ;
- число подільників на одному ножі $K_0 = 6$;
- окружна швидкість ножів $V_n = 1 - 2,85$ м/с;
- товщина ножів $\delta_n = 5$ мм;
- товщина подільників $\delta_0 = 3$ мм;
- потужність приводу $P_a = 1,1$ кВт.

Програма та методика експериментальних досліджень подрібнювача коренеплодів

9

Робочі органи подрібнювача

Експериментальна установка

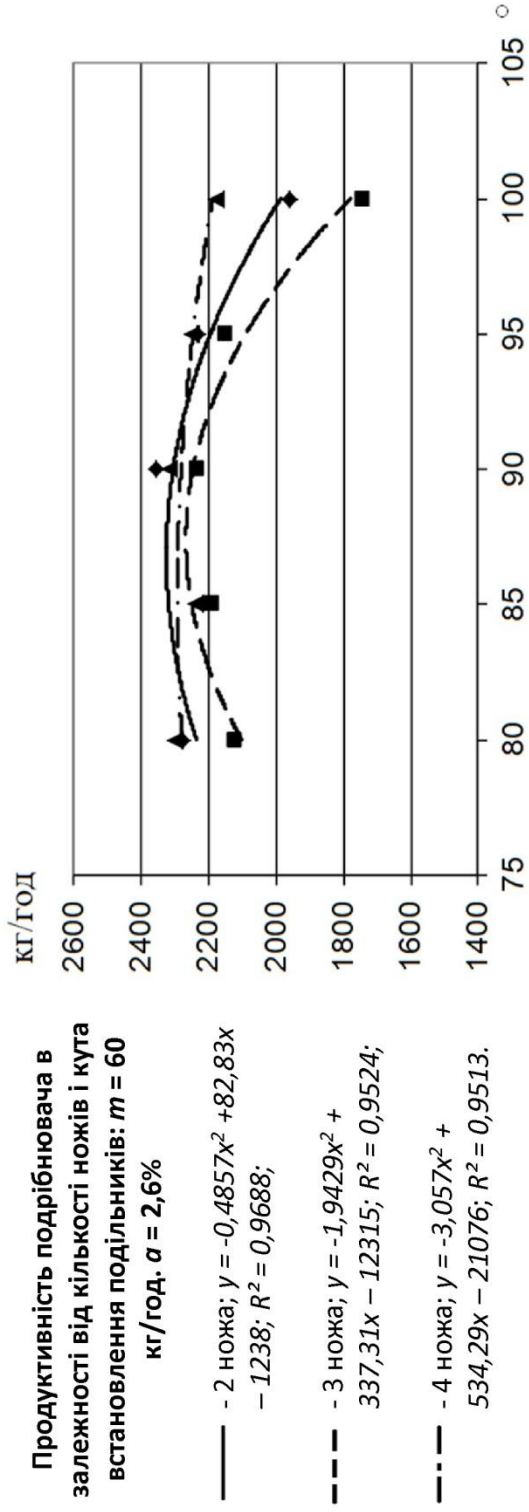
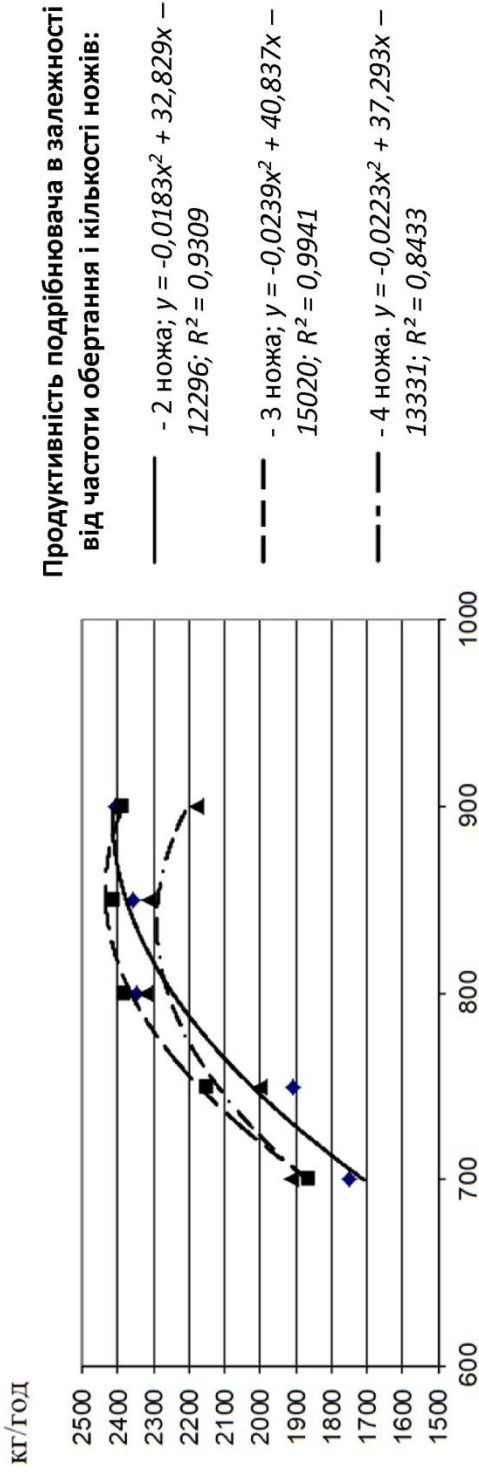


Структурна схема комплексу ADAM:

1 - датчик маси; 2 - датчик струму; 3 - аналогово-цифровий перетворювач; 4 - шифратор; 5 - персональний комп'ютер.

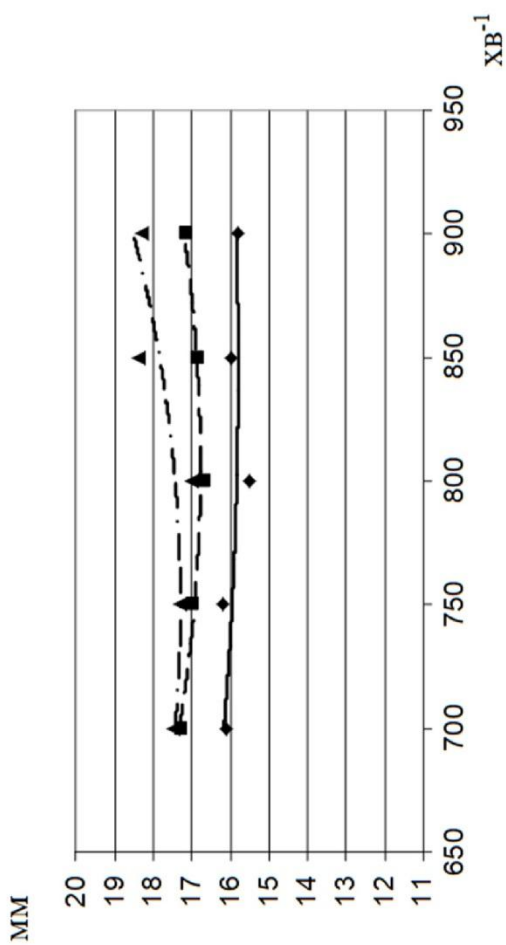
Схема установки датчика контролю маси:

1 - датчик контролю маси; 2 - механізм передачі маси; 3 - стрічка транспортера.



Результати експериментальних досліджень подрібнювача

11

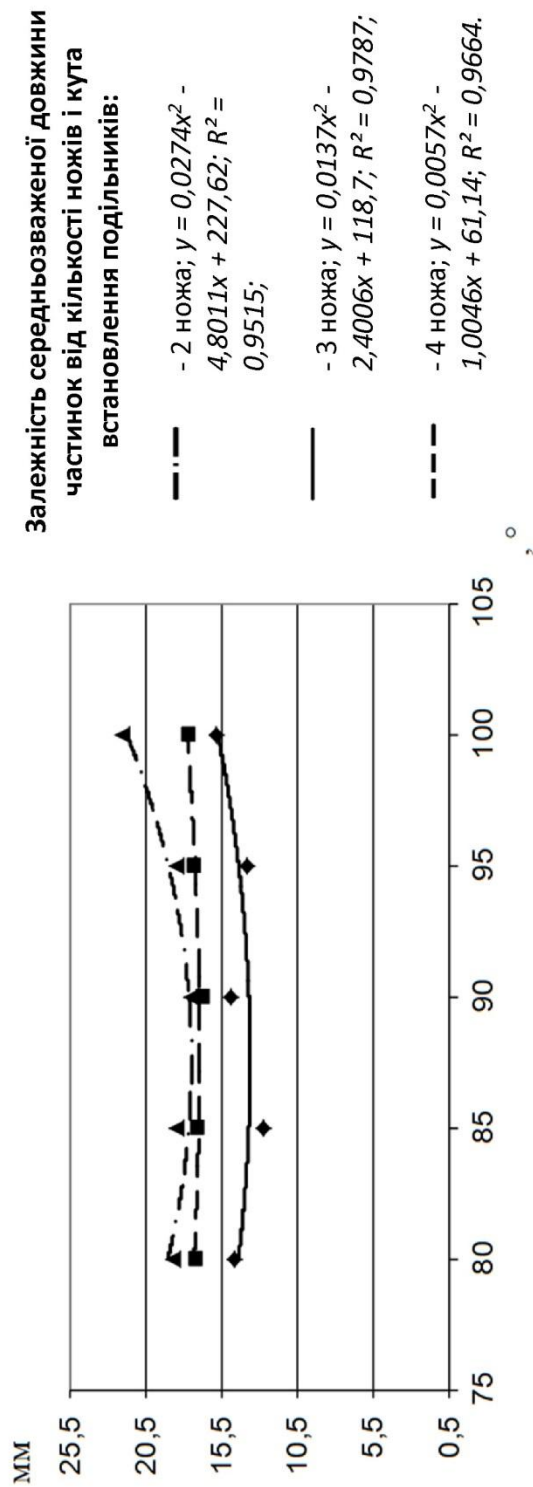


Залежність середньозваженої довжини частинок від кількості ножів і частоти обертання робочого органу:

--- - 2 ножа; $y = 5E-05x^2 - 0,0815x + 47,851$; $R^2 = 0,9508$;

— - 3 ножа; $y = 2E-05x^2 - 0,029x + 28,086$; $R^2 = 0,9613$;

--- - 4 ножа; $y = 5E-05x^2 - 0,0783x + 48,343$; $R^2 = 0,9549$.



Залежність середньозваженої довжини частинок від кількості ножів і кута встановлення подільників:

--- - 2 ножа; $y = 0,0274x^2 - 4,8011x + 227,62$; $R^2 = 0,9515$;

— - 3 ножа; $y = 0,0137x^2 - 2,4006x + 118,7$; $R^2 = 0,9787$;

--- - 4 ножа; $y = 0,0057x^2 - 1,0046x + 61,14$; $R^2 = 0,9664$.

1. Визначимо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням сезонних змін: $\rho_B = \rho_{гр} \cdot k_{св}$, де $\rho_{гр}$ – питомий опір ґрунту $\rho_{гр} = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; $k_{св}$ – коефіцієнт сезону $k_{св} = 1,8$; $\rho_B = 80 \cdot 1,8 = 144 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
2. Визначимо опір одиничного вертикального електрода $R_B = 0,366 \cdot \rho_B / L \cdot [\lg(2L/d) + 0,5 \lg((4S + L) / (4S - L))]$, де S – відстань від денної поверхні до середини вертикально розташованого електроду, м: $S = t_0 + 0,5 L$, t_0 – заглиблення електродів $t_0 = 0,95 \text{ м}$; L – довжина вертикальних заземлювачів $L = 2,5 \text{ м}$; d – діаметр вертикальних електродів $d = 11 \text{ мм} = 0,011 \text{ м}$; $S = 0,95 + 0,5 \cdot 2,5 = 2,2 \text{ м}$, $R_B = 0,366 \cdot 144 / 2,5 \cdot [\lg(2 \cdot 2,5 / 0,011) + 0,5 \lg((4 \cdot 2,2 + 2,5) / (4 \cdot 2,2 - 2,5))] = 63 \text{ Ом}$.
3. Визначимо приблизну кількість електродів n_0 , приймаючи коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_B = 1$ і припустимий опір заземлюючого обладнання $R_D = 4 \text{ Ом}$: $n_0 = R_B / (\eta_B \cdot R_D)$, $n_0 = 63 / 1 \cdot 4 = 15,75 \approx 16$. По n_0 уточнюємо $\eta_{B1} = 0,63$ і визначаємо n_1 : $n_1 = R_B / (\eta_{B1} \cdot R_D)$, $n_1 = 63 / 0,63 \cdot 4 = 25$. Приймаємо $n = 25$.
Довжина горизонтальної з'єднувальної смуги при розташуванні електродів визначається за формулою: $L_G = 1,05 \cdot a \cdot n$, де a – відстань між стержнями заземлювача, $a = 5 \text{ м}$; $L_G = 1,05 \cdot 5 \cdot 25 = 131,25 \text{ м}$.
Визначаємо опір горизонтальної смуги: $R_G = (0,366 \cdot \rho_{гр} / L_G) \cdot 0,5 \lg(2 \cdot L_{Г2} / (b \cdot t_0))$, де $\rho_{гр}$ – розрахований опір для горизонтальної смуги: $\rho_{гр} = \rho_B \cdot k_{сг}$; $k_{сг}$ – коефіцієнт клімату для горизонтальної смуги $k_{сг} = 4,5$; b – ширина горизонтальної смуги $b = 0,08 \text{ м}$; $\rho_{гр} = 80 \cdot 4,5 = 360 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; $R_G = (0,366 \cdot 360 / 131,25) \cdot 0,5 \lg(2 \cdot 131,25 / (0,08 \cdot 0,95)) = 2,83 \text{ Ом}$.
Визначаємо сумарний опір контуру заземлення: $R = (R_B \cdot R_G) / (R_B \cdot \eta_G + n \cdot R_G \cdot \eta_B)$, де η_G – коефіцієнт використання горизонтальної смуги $\eta_G = 0,32$; $R = (63 \cdot 2,83) / (63 \cdot 0,32 + 25 \cdot 2,83 \cdot 0,63) = 2,75 \text{ Ом}$.

Показники	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення	
			КПІ-4	Новий подрібнювач
1. Матеріалоемність	$M = m/Q$	кг·год/т	74	58,72
2. Енергоємність	$E = N/Q$	кВт·год/т	1,12	0,88
3. Прямі витрати, в тому числі:	$I = A + P_{\text{то}} + E + 3_{\text{п}}$	грн/т	29,19	24,85
- відрахування на амортизацію	$A = \frac{Ц \cdot 1,1 \cdot P_A}{Q \cdot T \cdot 100\%}$	грн/т	6,51	3,5
- відрахування на ремонт і ТО	$P_{\text{то}} = \frac{Ц \cdot 1,1 \cdot P_{\text{ТОиТР}}}{Q \cdot T \cdot 100\%}$	грн/т	2,66	1,47
- витрати на електроенергію	$E = (N \cdot Ц_e) / Q$	грн/т	3,92	3,08
- витрати на заробітну плату	$3_{\text{п}} = 3_{\text{ч}} / Q$	грн/т	16,1	16,8
4. Питомі капіталовкладення	$K = \frac{Ц \cdot 1,1}{Q \cdot T}$	грн/т	45,85	24,29
5. Сума приведених витрат	$C = I + E_{\text{н}} \cdot K$	грн/т	36,085	28,49
6. Річний економічний ефект	$E_p = (C_{\text{б}} - C_{\text{н}}) \cdot Q_{\text{н}} \cdot T_{\text{н}}$	грн		9569,7
7. Термін окупності капіталовкладень, років	$T = K_{\text{н}} / E_p$	років	-	1,6

1. На основі аналізу проведених досліджень виявлена необхідність розробки подрібнювача коренеплодів з криволінійними ножами, здатного відрізати пласт коренеплоду і подрібнювати його до заданого розміру відповідно до зоотехнічних вимог подрібнення кормів з максимальною продуктивністю і мінімальними енергоємністю і матеріаломісткістю.
2. Удосконалено класифікацію способів подрібнення, пристроїв і робочих органів подрібнювачів і структурних граф подрібнювача з криволінійними ножами, дозволили визначити шляхи підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення, розробити і обґрунтувати ефективну конструктивно-технологічну схему подрібнювача коренеплодів.
3. Розроблено математичні моделі, які дозволяють визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри подрібнювача і розкривають вплив основних факторів на підвищення ефективності технологічного процесу подрібнення коренеплодів робочим органом, кромка леза ножа якого представляє ділянку спіралі Архімеда.
4. Експериментально-теоретичними дослідженнями встановлено:
 - раціональні конструктивно-режимні параметри подрібнювача коренеплодів:
 - кількість ножів на диску $k = 3$;
 - кількість подільників на ножі (для ВРХ) $z_{\theta} = 6$;
 - кут встановлення подільників $\alpha_{dil} = 93^{\circ}$;
 - частота обертання робочого органу $n_{н\text{іж}} = 754 \text{ хв}^{-1}$;
 - діаметр диска $d = 360 \text{ мм}$;
 - раціональна подача $= 0,55-0,69 \text{ кг/с}$;
 - розбіжність результатів експериментальних і теоретичних досліджень на встановлених раціональних режимах подрібнення становить 3–5 %.

5. Розроблено одноступінчастий подрібнювач, який дозволяє поєднати різання коренеплодів і доподрібнення стружки, а також обґрунтовані його оптимальні конструктивно-технологічні параметри.

6. Представлені основні етапи охорони праці при обслуговуванні та ремонті подрібнювача. Розглянуті питання забезпечення електробезпеки при ремонті та обслуговуванні подрібнювача. В результаті розрахунку контуру заземлення отримані значення кількості електродів, довжина горизонтальної з'єднувальної смуги і сумарний опір контуру заземлення.

7. При зіставленні витрат на виконання технологічного процесу подрібнення коренеплодів нового і промислового подрібнювача КПІ-4 економічні розрахунки показали, що економічний ефект досягається за рахунок зниження прямих експлуатаційних витрат (відрахувань на амортизацію, на ТО і поточний ремонт, витрат на електроенергію та інших витрат). Застосування запропонованого подрібнювача коренеплодів дозволить отримати річний економічний ефект 9569,7 грн, при цьому термін окупності додаткових капітальних вкладень складе 1,6 року.