

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“__” _____ 2024р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Підвищення ефективності технологічного процесу підготовки
коренеплодів до згодовування.»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 23 м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Черненко О. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник канд. с-г наук, доцент Головатюк А.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма магістр

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

А.В. Войтік

“ ” _____ 2024р

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту Черненко Олександрі Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності технологічного процесу підготовки коренеплодів до згодовування»

керівник роботи Головатюк Анатолій Анатолійович, канд. с-г наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 24 ” вересня 2024 р. № 01-06/258

2. Строк подання студентом роботи 20.11.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: аналіз, класифікація, конструкторські особливості та якісні показники роботи пристроїв та робочих органів для механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; сучасний стан механізації технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування; аналітичне обґрунтування параметрів і режимів роботи гофрощіткового очисника кормових коренеплодів; експериментальне дослідження гофрощіткового очисника кормових коренеплодів. програма і методика; охорона праці; техніко-економічна ефективність застосування та рекомендації щодо використання гофрощіткового очисника кормових коренеплодів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; конструктивно-технологічної схеми агрегату, параметрів та режимів роботи гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	16.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета та завдання дослідження	14.11.2023 р.	
4.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	05.02.2024 р.	
5.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	4.03.2024 р.	
6.	Розділ 4. Охорона праці	24.05.2024 р.	
7.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології	15.09.2024р.	
8.	Виконання ілюстративної частини роботи	5.10.2024р.	
9.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.10.2024 р.	

Студент:

(підпис)

Черненко О. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Головатюк А.А.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кормові коренеплоди, що надходять в обробку на тваринницькі ферми, в технологічні лінії кормоцехів або автомобільні кормоприготувальні агрегати, завжди забруднені землею, піском, різними сторонніми домішками, вміст яких, залежно від умов збирання та зберігання, може досягати 20% і більше від маси коренів. Використання неочищених від ґрунту кормових коренеплодів веде до шлункових захворювань сільськогосподарських тварин та різкого зниження продуктивності худоби.

Існуючі машини для гідромеханічного очищення (мийки) енерго - і металомісткі та малопродуктивні при підвищеній забрудненості кормових коренеплодів. Таким чином, пошук і створення більш досконалих робочих органів для очищення коренеплодів від забруднень механічним (безводним) способом набуває в даний час особливого значення.

Необхідність розробки нових конструкцій очищувачів обумовлена прагненням скоротити споживані ресурси та спростити технологічні лінії у стаціонарних сховищах та кормопідготовчих цехах.

Мета дослідження – підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування шляхом розробки конструкції та визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів гофрощіткового очищувача для механічного (безводного) очищення та відділення кормових коренеплодів від домішок.

Завдання дослідження:

- визначити шляхи підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування сільськогосподарським тваринам та розробити конструктивно-технологічну схему гофрощіткового очисника кормових коренеплодів;
- розробити математичну модель руху коренеплодів у робочому обсязі очищувача, що дозволяє обґрунтувати основні конструктивно-режимні параметри гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів;
- експериментально підтвердити результати теоретичних досліджень та визначити раціональні параметри пропонованого пристрою;

- Провести перевірку розробленого гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів у виробничих умовах і оцінити економічну ефективність його застосування.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної (безводної) очищення кормових коренеплодів при підготовці їх до вигодовування сільськогосподарським тваринам.

Предмет дослідження – закономірності технологічного процесу механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів під час підготовки їх до згодовування сільськогосподарським тваринам.

Наукову новизну мають:

- конструктивно-технологічна схема гофрощіткового очищувача, що відрізняється характером впливу робочих елементів на кормові коренеплоди;
- математична модель руху очищуваних коренеплодів, що відрізняється урахуванням особливостей взаємодії їх з гофрощітковими барабанами очищувача та регульованою зазорною між ними;
- результати експериментальних досліджень гофрощіткового очищувача, що відрізняються тим, що визначені для варіанту очищувача з удосконаленою конструкцією робочих органів;
- раціональні параметри гофрощіткового очищувача, що відрізняються врахуванням конструктивних особливостей гофрованих щіткових ворсин криволінійної форми пильчастого профілю.

Теоретична та практична значущість роботи. Отримано аналітичні залежності для визначення основних параметрів та режимів роботи гофрощіткового очищувача коренеплодів, його продуктивності та витрат потужності на привід.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволили обґрунтувати конструкцію нового технічного засобу, що виключає використання води та безповоротні втрати ґрунтових домішок (родючого шару землі), завдяки чому можна знизити енерго- та ресурсоемність технологічного процесу очищення кормових коренеплодів.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ ДО ЗГОДОВУВАННЯ	
1.1 Аналітичний огляд технологій післязбиральної механічної (безводне) очищення кормових коренеплодів.	9
1.2 Аналіз, класифікація, конструкторські особливості та якісні показники роботи пристроїв та робочих органів для механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів	13
1.3 Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень очисників кормових коренеплодів з гнучкими пружними робочими елементами. Висновки.	22
2 АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ГОФРОЦІТКОВОГО ОЧИСНИКА КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ	
2.1 Переміщення одиничного коренеплоду по зовнішній поверхні похилого гофроцїткового барабана, що обертається	29
2.2 Переміщення маси коренеплодів у робочому обсязі очищувача та визначення його продуктивності.	34
2.3 Визначення основних конструктивних параметрів робочих органів очисника та потужності приводу гофроцїткового очищувача. Висновки.	37
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОФРОЦІТКОВОГО ОЧИСНИКА КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА	
3.1 Програма та методика проведення експериментальних досліджень.	43
3.2 Методика визначення механіко-технологічних властивостей коренеплодів з домішками	52
3.3 Результати експериментальних досліджень процесу механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів	54
3.4 Аналіз результатів експериментальних досліджень гофроцїткового очищувача кормових коренеплодів	69
3.5 Дослідження впливу забрудненості та вологості домішок на ефективність очищення кормових коренеплодів	73
3.6 Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень	74
3.7 Методика розрахунку параметрів гофроцїткового очищувача кормових коренеплодів. Висновки.	78
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці.	83
4.2 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці під час роздавання кормів	84

4.3 Моделювання виробничих небезпек.	86
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ГОФРОЩЕТОЧНОГО ОЧИСНИКА КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ	
5.1 Розрахунок техніко-економічної ефективності застосування гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів	88
5.2 Рекомендації щодо використання гофрощіткового очищувача коренеплодів та впровадження його у виробництво. Висновки.	89
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	86

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В даний час одним з найбільш актуальних завдань є забезпечення населення продуктами тваринництва, успішне вирішення якої нерозривно пов'язане із створенням міцної кормової бази. Забезпечення поголів'я повноцінними кормами, що збалансовані за поживністю відповідно до запланованої потреби – одна з вирішальних умов підвищення ефективності тваринництва. У свою чергу, зміцнення та розвиток кормової бази та тваринництва в цілому за рахунок кормових коренів, значною мірою залежить від удосконалення технології їх вирощування та подальших процесів збирання, зберігання та підготовки їх до згодовування [4, 13,23].

Кормові кормові корені займають велику питому вагу в кормових раціонах сільськогосподарських тварин. Одне з перших місць по поживності серед кормових коренів належить кормовому буряку: за поживністю 10 кг коренеплодів кормового буряка відповідають 1,2–1,5 кг кормових одиниць і містять 90–110 г протеїну, що перетравлюється. Вони добре поїдаються тваринами і, як показують дослідження [4, 13, 20, 26], включення коренеплодів до раціону корів сприяє підвищенню молочної продуктивності на 6,5–21,4 %, поліпшенню перетравлюваності та засвоюваності поживних речовин у споживаних кормах, зниженню питомих витрат кормів на 4–7%.

Дослідження показали, що використання неочищених від ґрунту кормових коренів веде до шлункових захворювань тварин, різкого зниження продуктивності худоби [4, 11, 25]. У зв'язку з цим, питанню очищення кормових коренів від домішок приділяється велика увага [3, 4, 5, 7, 10,12, 13, 14,16].

Для очищення кормових коренеплодів від домішок нині є ряд очисників, які мають певні конструктивно-технологічні відмінності.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, що включає 42 найменування, 13 з яких іноземними мовами. Загальний обсяг роботи 95 сторінок, робота містить 56 рисунків та 4 таблиці.

1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ ДО ЗГОДОВУВАННЯ

1.1 Аналітичний огляд технологій післязбиральної механічної (безводне) очищення кормових коренеплодів.

На етапі розвитку сільського господарства велику увагу слід приділяти інтенсифікації виробництва тваринництва: м'яса, молока, яєць, вовни, субпродуктів і сировини промисловості [4, 13, 16]. Стійкий розвиток тваринництва України здійснюється в основному за рахунок промислового (комерційного) сектора. Продукція цієї галузі може стати одним із основних предметів експорту на зовнішній ринок та інтегрувати аграрне виробництво України у світову економіку.

Ефективність тваринництва багато обумовлена забезпеченістю тварин кормами відповідної якості. Досвід сільськогосподарських підприємств показує, що при всіх способах годівлі найбільш ефективні повнораціонні суміші, збалансовані по поживних речовин, протеїну, вітамінів та мікродобавок. Значну питому вагу в кормовому балансі сільськогосподарських тварин займають кормові корені: буряк кормовий, цукровий і напівцукровий, бруква, гібрид брюкви з ріпою та капустою, морква, турнепс, картопля, земляна груша (топінамбур), плоди гарбуза, кормовий кавун, кабачки. За винятком цукрових буряків, кормові корені дорослим жуйним тваринам можна згодовувати до 20-30 кг на добу на одну голову, вівцям - 3-4 кг, свиням - до 6-8 кг на 100 кг живої маси, птиці - 10-30% від енергетичної поживності раціону [1, 2, 6, 19]. За кормовими якостями цукровий буряк значно перевищує інші коренеплоди: в 100 кг цукрових буряків містяться 26 кормових одиниць (КЕ), 1,2 кг протеїну, що перетравлюється, 0,5 кг кальцію і 0,5 кг фосфору. Однак цукровий буряк засвоюється великою рогатою худобою (ВРХ) лише на 40 %, а кормовий буряк – на 100 %. Тому згодовувати її худобі недоцільно [4, 13, 1, 7].

До раціону корів можна включати до кількох десятків кілограмів кормових коренеплодів на день і домагатися при цьому високих надоїв [1, 6, 8, 17].

Кормові корені, що надходять в обробку на тваринницькі ферми, в технологічні лінії кормоцехів або автомобільні кормоприготувальні агрегати, завжди забруднені землею, піском, різними сторонніми домішками і являють собою неоднорідну масу у вигляді вороху [3, 12, 15, 16, 25]. Вони можуть подаватися безпосередньо з поля в період збирання або з місць зберігання (бурти, траншеї, бетонні ями, сховища). Для механізованого збирання коренеплодів кормового буряка застосовують коренезбиральні машини РКС – 6 та РКС – 4 з пристосуваннями РКС – 6.65000, коренезбиральні машини МКК – 6, МКР-2-3, спеціальний копач ККГ-1,4 та інші машини, спеціально з цією метою. В даний час також повсюдно застосовують бурякозбиральні машини зарубіжних конструкцій: комбайни Moreau GR4, Moreau Lectra V2, TimSR 2500, Cleine KR-6, SF-10, Barigelli B/G, Holmer та ін. , з високою продуктивністю, з бункерами 15- 35м³ і є дорогими в придбанні та обслуговуванні [5, 11, 15, 16].

Однією з основних технологічних вимог, що висуваються до бурякозбиральним машинам, є якість очищення коренеплодів від землі та рослинних залишків, вміст яких не повинно перевищувати 10% у масі зібраних коренеплодів, у тому числі рослинних залишків у вигляді не пов'язаного з коренеплодами бадилля – до 5% [5, 14]. Однак залежно від умов роботи та засміченості полів кількість вільних домішок у купі коренеплодів може становити 10–15% і більше і 7–9% пов'язаного з корінням ґрунту [5, 11, 15, 18, 19]. Підвищена вологість ґрунту в період збирання призводить до збільшення кількості налиплого ґрунту, а при збиранні в сухий період кількість вільного ґрунту (грудок), вивезеного з поля разом з коренеплодами, збільшується в 5-10 разів [15, 16, 18]. Така купа коренеплодів навіть при перевалочному способі збирання вимагає повного перебирання і ручного доочищення, при цьому витрачається 40–50 люд/год на гектар або більше 30% всіх витрат праці [7, 16, 18]. Рельєфна поверхня, канавки, поглиблення і коріння коренеплодів є осередками налипання ґрунту, що важко відокремлюється. При зберіганні в

буртах та траншеях коренеплоди додатково засмічуються ґрунтом, піском і соломою, забрудненість їх збільшується і досягає 20% і більше до маси коренів [16-23].

Таким чином, кормові корені, що надходять на обробку в кормоцех або ферму з полів або сховищ, завжди мають підвищену забрудненість різними домішками.

У процесі очищення коренеплодів при підготовці їх до згодовування необхідно, в першу чергу, домішки, що налипли, перевести у вільні, видалити їх з робочого об'єму очищувача, а потім відокремити камені та металеві включення. Відділення вільних домішок (грудок, каменів та рослинних залишків) можна проводити на сепаруючих ворохоочисних установках – сепараторах, проте ефективність будь-якого очисного робочого органу багато в чому залежить від ступеня та якості відділення пов'язаного з кормового коренями ґрунту та його просіювання.

Основна труднощі відділення пов'язаного ґрунту полягає в тому, що він знаходиться не тільки на поверхні у вигляді місцевих скупчень, а й заповнює канавки, поглиблення, мікротріщини та міжкорінцевий простір. Очищення цих домішок зводиться, передусім, до подолання сил зчеплення з поверхнею кормового кореня, та був їх поділу і видалення. Цю трудомістку операцію виконують як безводним сухим способом, так і гідромеханічним (мийкою) [12, 25]. На практиці, при післязбиральній підготовці коренів до годівлі сільськогосподарським тваринам, широкого поширення набув другий, гідромеханічний спосіб очищення. Проте, останнім часом, ведуться науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи з пошуку та створення нових машин та робочих органів для механічного (безводного) очищення коренів від налиплих домішок [3, 12, 14, 15, 18, 19, 26].

Основними операціями технологічного циклу обробки та приготування коренів є прийоми накопичення їх, гідромеханічне очищення (мийка) від забруднень, їх подрібнення та дозована подача до змішувача (рисунок 1.1). Найпоширенішою комбінацією машин за даною технологією є транспортер-живильник коренеплодів ТК-5 (ЛЗМ-1,5), мийка-подрібнювач ІКМ-Ф-10 (ІКМ-

5), дозатор. Вони встановлені в лініях обробки коренів комплектів обладнання кормоцехів КОРК-15, КЦМ-5, кормоцехів серії КЦС.

Очищення коренів від домішок тут здійснюється гідромеханічним способом, якому притаманні наступні недоліки: підвищений расхід води (до 400 л на одну тонну забруднених коренів); необхідність будівництва надійної каналізації та брудовідстійників; разом зі стічними водами втрачається родючий шар ґрунту, що налип на коренеплодах; порівняно низька продуктивність: миття-подрібнювач забезпечує паспортну продуктивність тільки на слабо забруднених коренеклубнеплодах (3 - 6%), а зі збільшенням забрудненості до 20% і більше її продуктивність знижується і зростає питома витрата води на миття [3, 12, 14, 15, 18].

Крім того, мийка-подрібнювач не відокремлює легкі домішки у вигляді бадилля, соломи, поліетиленової плівки, що призводить до забиття подрібнювального апарату та порушення технологічного циклу. Підвищена витрата води ускладнює видалення відходів, забруднює робоче місце, в зимову пору року необхідно застосування додаткових електрообігрівачів, що тягне за собою підвищення енерговитрат [4-9, 13, 25].

Вирішення цієї проблеми містить у собі джерело значної економії ресурсів у кормовиробництві та тваринництві і може бути забезпечене за рахунок створення нових технічних засобів або вдосконалення вже існуючих машин та робочих органів.

З урахуванням вищесказаного виникає необхідність розробки нового технологічного процесу та ефективного пристрою для його реалізації, позбавленого перерахованих вище недоліків і здатного гідромеханічне очищення (мийку) замінити механічним очищенням коренів від забруднень без використання води.

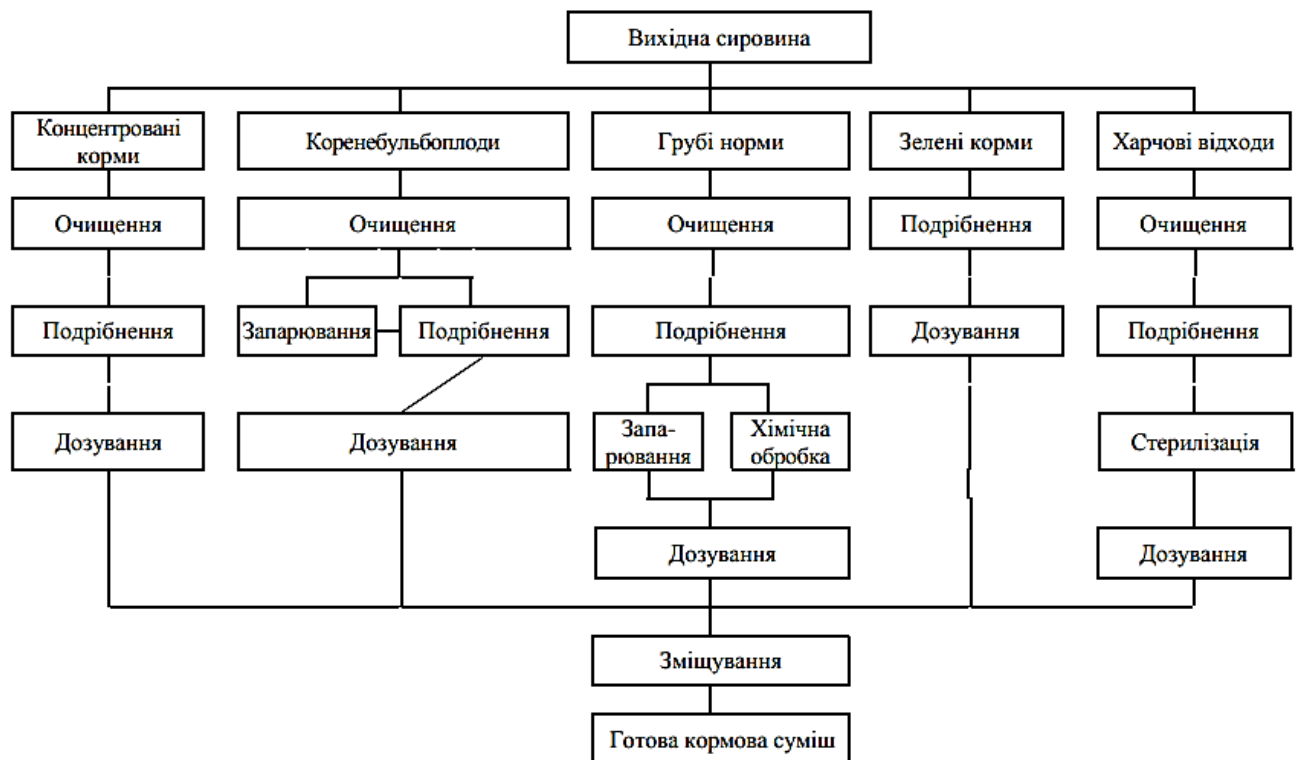


Рисунок 1.1 – Технологічні схеми циклу підготовки та приготування кормів (Коренебульбоплоди) до згодовування тваринам.

Наявність такого очищувача сприятиме поліпшенню якості кормів, що готуються, зниженню витрат праці на одиницю.

продукції, поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу, що, у свою черга, вплине на зниження собівартості продукції, скорочення витрати води у кормоцеху, зняття проблеми з утилізацією забруднених стоків та, тим самим, зменшення забруднення навколишнього середовища. Відокремлений від коренів ґрунт у сухому вигляді можна повертати знову на поля. Це особливо важливо зараз, коли винесення поживних речовин та енергії з урожаєм у 3 рази перевищує їх надходження у ґрунт [1, 7, 16].

1.2 Аналіз, класифікація, конструкторські особливості та якісні показники роботи пристроїв та робочих органів для механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів

Очищення або відділення коренів від сторонніх домішок є невід'ємною частиною технологічних процесів механізованого збирання, післязбирального

доопрацювання коренів та підготовки їх до зберігання або до згодовування сільськогосподарським тваринам.

Аналіз використання коренезбиральних машин у різних регіонах же України та там показує, що коренеплоди кормових буряків без наднормативного кількості ґрунтових і рослинних домішок може бути зібрані лише оптимальних умовах збирання. Недостатня пристосованість існуючих конструкцій викопних і особливо очисних робочих органів коренезбиральних машин до умов роботи, що змінюються (підвищена або знижена вологість ґрунту, засміченість поля камінням і бур'яном і т.д.) однозначно призводить до зниження повноти збирання коренів. Таким чином, практично завжди виникає потреба в післязбиральному доопрацюванні (доочищенні) коренів перед закладкою їх на зберігання або безпосередньо при підготовці їх до згодовування тваринам.

У процесі післязбирального доопрацювання коренів відділення домішок може виконуватися двома основними методами:

- 1) дискретний метод, тобто. ручне перебирання;
- 2) потоковий спосіб з використанням найрізноманітніших конструкцій механічних пристроїв та автоматичних відокремлювачів домішок.

Ручний спосіб дозволяє коригувати роботу попередніх очисних пристроїв для остаточного відбору домішок з купи коренів [1, 3,9, 11,15]. Дане коригування здійснюється шляхом відбору коренеплодів або домішок (залежно від їх кількості в масі) на перебірних дисків та і т.д. Проте з використанням робітників на ручному перебиранні різко збільшуються витрати на виробництво одиниці виробленої продукції та її собівартість.

За принципом можливої сепарації всі автоматичні відокремлювачі поділяються на рентгенівські та радіометричні, фотометричні та фотоелектричні [1, 14, 17, 18], радіохвильові, ємнісні та відокремлювачі, що сепарують за ознакою різної магнітної приникності та електропровідності. Значною перевагою автоматичних відділників є те, що немає механічного контакту між тілом та технічним засобом, за допомогою якого досягається

різниця у властивостях. До недоліків слід віднести те, що перед контролем необхідно попередньо сортувати компоненти вороху, що значно ускладнює конструкцію отделителя. Крім того, рентгенівські та радіометричні відділювачі вимагають додаткового захисту обслуговуючого персоналу від випромінювання. Найбільш ефективно використовувати автоматичні відокремлювачі на стаціонарних перебірно-сортувальних пунктах в комбінації з механічними відокремлювачами.

Широкий ряд механічних очищувачів-відділювачів відрізняють простотою конструкції, експлуатації та обслуговування (рисунки 1.5). Робочі органи механічних відокремлювачів коренів від домішок для поділу:

- Механічні
- Комбіновані
- Автоматичні
- Рентгенівські фотометричні
- Акустичні
- Електричні
- Радіометричні інфрачервоні
- Магнітні
- Ємнісні

Використовують такі властивості тіл як щільність, маса, форма (розмірні характеристики), пружність, фрикційні властивості, твердість та міцність, аеродинамічні властивості тощо. [1, 3, 7, 19]. Механічні відокремлювачі, як правило, забезпечують теоретично повний поділ у вузькому діапазоні параметрів, що впливають на процес сепарації.

Аналіз схем сепарації та результатів досліджень очисників-відділювачів основних видів дозволяє зробити висновок про те, що для очищення коренів при підготовці їх до згодовування тваринам придатні лише ті конструкції сепараторів, які одночасно з відділенням вільних домішок, дозволяють також проводити ефективне очищення поверхонь коренів ґрунту та бадилля. У зв'язку з цим пропонується уточнена класифікація способів, пристроїв та робочих

органів для очищення та відділення кормових коренеплодів з точки зору використання в технологічних схемах обробки та приготування коренів до згодовування тварин (рисунок 1.6).

В даний час вдосконалення технологічного процесу очищення коренів йде або шляхом максимального зниження витрати води або шляхом повного виключення застосування води в новостворених пристроях механічної (безводної) очищення. Для виявлення ефективності різних способів очищення коренів та обґрунтування конструкції пропонованого робочого органу очисника проведемо аналіз конструкторсько-технологічних схем існуючих пристроїв для очищення згідно з наведеною класифікацією.

Кулачкові робочі органи (рисунок 1.27) (дискові, пайлерні, лопатеві, багатокутні, зірчасті) використовуються в різних конструкціях очищувачів на буряко - і картоплезбиральних комбайнах України і далекого зарубіжжя, а також в корнеклубномойках в технологічних. 1, 5, 15, 17, 18]. Робочі органи представляють собою набір паралельно розташованих, що обертаються в одному напрямку валів 1, на які в шаховому порядку насаджені диски або кулачки 2 різноманітної форми. При обертанні валів у напрямку руху вороха коренів, робочі поверхні кулачків впливають на нього, відокремлюючи як вільні так і домішки, що налипли [13, 17, 19].

Перевагою кулачкових робочих органів є те, що вони мають високу транспортуючу та очищувальну здатність, лопатями взаємодіючих кулачків можливе обвалення та відділення ґрунтових грудок. До недоліків кулачкових очищувачів відноситься намотування бур'янів на обертові елементи, підвищена ушкоджувальність коренів, при попаданні каменів або металевих предметів відбувається їх заклинювання між сусідніми кулачками, що може вивести з ладу весь очищувач.

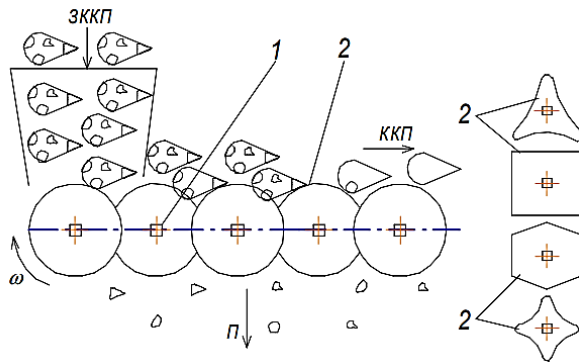


Рисунок 1.2 – Конструкторсько-технологічна схема робочих органів кулачкових очищувачів (ЗККП – забруднені кормові корені, ККП – очищені кормові корені, П - домішки).

До робочих органів вібраційних очищувачів належать решета (гуркоти) і елеватори, що струшують, які застосовуються у віброрешітних і віброгвинтових коренеклуб німийках у технологічних лініях кормоцехів, на пунктах після прибиральної доробки коренів, а також на буряко - і картоплезбиральній техніці.

Гуркітні (решітні) вібраційні очищувачі прогресивніші за елеваторні. П.В. Полохін, А.К. Сарапулов, досліджували роботу однорешітних гуркотів для очищення коренів [1, 3, 13] з метою підвищення ефективності механізації приготування кормів (рисунок 1.3). В процесі роботи кормові корені безперервно надходять через завантажувальний лоток 1 на вібруюче решето 2 і обмиваються струменями води з зрошувача 3. Під дією сил інерції, створюваних вібратором 4 і діють на кормові корені при зіткненні з дном ній. Для інтенсифікації процесу очищення над решіткою встановлювався обмежувач коливань коренів 5 у вигляді шернірно навішаного набору пружних планок.

Істотною перевагою даного типу очищувача є короткочасність перебігу виділення ґрунту з вороху, зменшена витрата води, досить високий ступінь очищення коренів. Одним з основних недоліків віброрешітних очищувачів є те, що при тривалій роботі їх просівна поверхня забивається рослинними домішками і ґрунтом. Відносно висока ушкоджувальність коренів у процесі очищення також звужує область їх застосування.

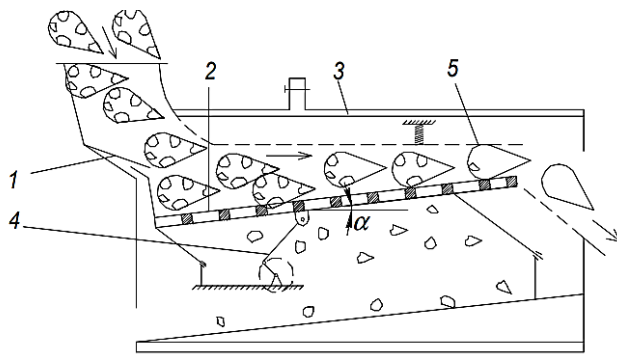
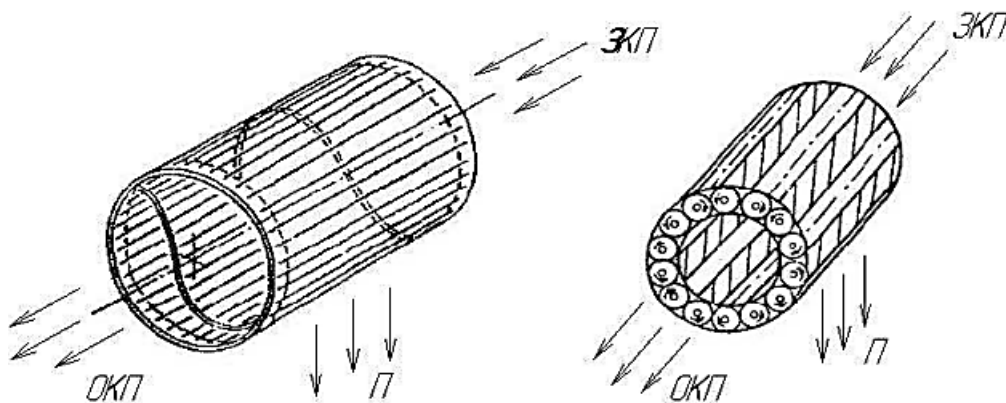


Рисунок 1.3 – Конструкторсько-технологічна схема віброрешітної коренеклубнемиїної машини.

Барабанні та барабанно – роликові робочі органи застосовують у комбінованих пристроях для попереднього механічного (безводного) очищення коренеплодів перед миттям ІКУ-Ф-10, МП-2,5 (Рисунок 1.4), ПВ-1500 (Чехія) та ін., на буряк – і картоплезбиральних комбайнах як сепаруючі конвеєри-очисники [4, 9, 14-17].

Більш ефективними очисними пристроями, на думку ряду вчених [6, 14-17, 23], є очищувачі з комбінованими барабанно-роликовими робочими органами в поєднанні з коренеклубнемиєю (Рисунок 1.5).



а) барабанний циліндричний б) барабанно-роликовий

Мал. 1.4. Конструкторські схеми робочих органів очисників барабанного типу (ЗКП – забруднені коренеплоди, ОКП – очищені коренеплоди, П – домішки).

Розроблений комбінований агрегат механічного (безводного) очищення, миття та подрібнення коренів ІКУ-Ф-10 призначений для роботи в технологічних лініях кормоцехів на фермах великої рогатої худоби та свинофермах. Агрегат складається з ванни 1, миючого диска 2, лопаток

миючого диска 3, вікна виходу домішок 4, транспортера для видалення домішок 5, кільцевої щілини 6, кожуха шнека 7, шнека 8, подрібнювача 9, барабанів сухої очищення 10 і 1. все каміння та інші домішки діаметром до 25мм, при цьому витрата води в 1,5-2 рази менша, ніж у серійних машин ІКМ-5, ІКМ-Ф-10, а втрати подрібненого корму менше в 9 разів.

Позитивною стороною барабанно-роликових очищувачів є велика пропускна здатність, порівняно невеликі габарити, досить високий рівень відділення вільних домішок. Г.Д. Петров вказував, що в барабанних очисниках оброблюваний матеріал рухається циклічно: він піднімається на деякий кут обертовим барабаном і скочується вниз, інтенсивно перетираючись, потім цикл повторюється. Шлях, пройдений коренеплодом таким чином, у 5-6 разів більший за довжину очищувача. Негативною стороною є те, що в барабанно-роликових пристрої при очищенні подовжених коренеплодів, частина коренів приймає вертикальне положення. В результаті відбувається утворення свого роду «моноліту», що знижує загальний ефект очищення та збільшує кількість травмованих коренів.

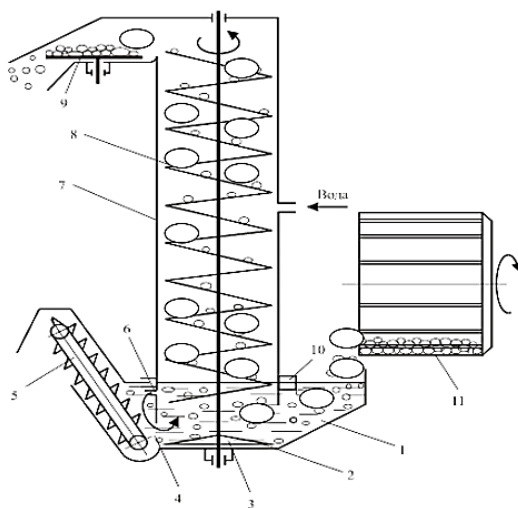


Рисунок 1.5. Конструкторсько-технологічна схема очищувально мийного агрегату ІКУ-Ф-10

Щіточні робочі органи знаходять досить широке застосування у сільськогосподарському виробництві [3, 4, 9, 16-18, 22]. Зокрема їх застосовують у комбінованих пристроях для очищення та відділення коренів від домішок у технологічних лініях кормоцехів, при післязбиральному

доопрацюванні коренів, а також на коренеклубнезбиральних машинах. Найбільш відомими очисно-сепаруючими пристроями даного типу є щітковий очисник С.А. Найданова, В.А. Пучкова, щітковий очищувач Л.А. Слава, В.М.

Заслуговує на увагу щітковий очисник конструкції ВІМ (рисунок 1.6).

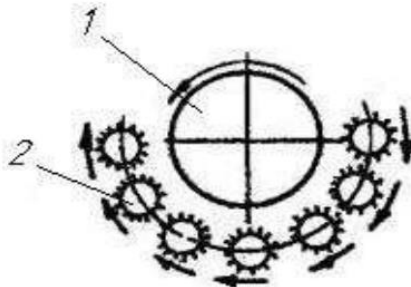


Рисунок 1.6 - Щітковий очищувач С.А.Найданова, В.А.Пучкова.

Конструкція щіткового очисника складається з шнека 1 для коренеплодів і напівциліндра, утвореного набором горизонтально розташованих циліндричних щіток, що обертаються 2, розташованих по дузі 180-200°. Кормові коренеплоди, що транспортуються шнеком, знаходяться під впливом гладких щіткових ворсин щіток, що швидко обертаються, і витків шнека. Даний щітковий пристрій дозволяє отримати високий відсоток очищення, але продуктивність насильно забруднених коренеплодів порівняно невисока.

Продуктивність очисника до 40 т/год, частота обертання верхніх щіток 900 хв^{-1} нижніх 400 хв^{-1} . Залишкова забрудненість коренеплодів після сухого очищення цьому пристрої склала менше 3% [12]. Однак через складність конструкції та приводу дана машина не знайшла застосування у сільському господарстві (Рис 1.7).

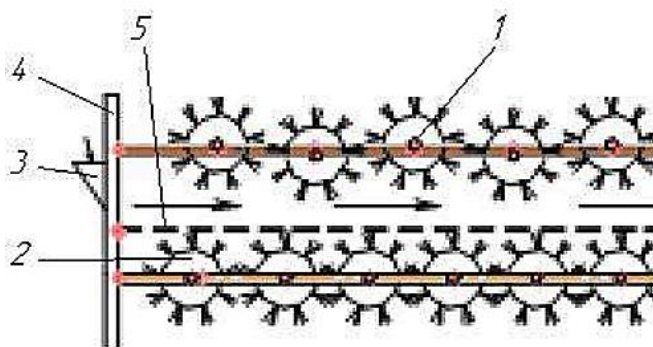


Рисунок 1.7 - Щітка машина для сухого очищення коренеплодів.

Відмінною особливістю і безперечною перевагою щіткових робочих органів є те, що поряд з поділом коренеклубнеплідного вороху на окремі компоненти по різниці мас, щільності і коефіцієнтам тертя, вони дозволяють також за допомогою щіткових ворсин копіювати поверхні коренів і очищати ґрунт і залишки бадилля (табл. 1.1).

Недоліком щіткових робочих органів, що стримує їх застосування, є відносна недовговічність.

Таблиця 1.1 - Показники ефективності роботи очисників коренів.

Конструктивний тип очисника	Пош код жен ня, %	Ступінь відділення забруднення, %				Загальне відокремлення домішок всього, %
		ґрунтом	рослинн істю	зв'язаного ґрунту	Зв'язаної рослинності	
Щітково-шнековий	1,1	87	-	52	-	81
Барабанно-щітковий	1,06	47	36	47	-	43
Віброрешітний з мийкою	3,98	37	78	36	41	52
Шнековий з поперечними роликами	-	57	53	48	40	65
Кулачковий	4,9	53	13	38	43	40
Вібраційний прутковий	4,7	40	66	39	51	48
Барабанно-шнековий	2,5-5	-	-	-	-	75
Каскадний хитається	-	51	63	36	-	50
Клинопасовий	-	33	18	26	18	29
Шнековий із поздовжніми роликами	4,78	62	68	36	62	64

Основною причиною їх недовговічності є жорсткий спосіб закріплення ворсин на робочому органі очищувача – з одного боку це спрощує конструкцію та підвищує надійність роботи очищувача, а з іншого – є причиною виламування щіткового ворсу у місці його загортання. Крім того, щіткові робочі органи досить чутливі до рослинних домішок, які намотуються на щітки, перешкоджають проході матеріалу та знижують загальний ефект поділу та очищення [1, 3, 13, 14, 15, 16, 18].

Як бачимо з таблиці 1.1, найнижчий відсоток очищення (18-43%) забезпечують клинопасові та пруткові очищувачі. Вони відрізняються високою ушкоджуваністю коренів, що обмежує можливості їх використання як очисників-відділювачів.

Хороші показники роботи мають щіткові, шнекові та вібраційні очищувачі, причому шнекові та щіткові очищувачі однаковою мірою ефективно відокремлюють всі види домішок, а вібраційні добре відокремлюють вільні домішки. Найкращі показники роботи мають очищувачі з комбінованими робочими органами: щітково-шнекові (загальна ступінь очищення більше 80%), барабанно-шнекові, барабанно-щіткові, шнеково-роликові і т.д.

Виконаний огляд способів, пристроїв та робочих органів для очищення та відділення коренів від вільних і налиплих домішок і проведений аналіз показників їх роботи дозволяють виділити як найбільш ефективні очищувачі комбінованого типу з робочими органами у вигляді шнеків або циліндричних щіткових барабанів, що обертаються. Подальше їх вдосконалення має бути спрямоване на усунення властивих їм недоліків, зокрема на зниження ушкоджуваності коренів, зменшення габаритних розмірів і матеріаломісткості конструкції очищувачів, на поліпшення копіюючої здатності і ступеня відділення налиплого ґрунту. 18%).

Таким чином, пошукової конструкції очищувача з комбінованими робочими органами, який мав би переваги розглянутих очищувачів і виключав би їх недоліки, дозволив висунути гіпотезу про можливість очищення та відділення кормових коренеплодів від домішок за допомогою гофрощіткового очищувача, який згідно з розробленою нами класифікацією. механічного (безводного) очищення з механічними робочими органами. При цьому в пристрої, що розробляється, застосовується комбінація робочих органів гофрощіткові циліндричні обертові барабани з дисками і еліптичними потовщеннями на них та заслінки, що регулюють величину зазору між ними.

1.3 Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень очисників кормових коренеплодів з гнучкими пружними робочими елементами

Гнучкі пружні елементи (ворсини, нитки, пружні пальці, смужки, бичі, лопаті, стрижні малої жорсткості тощо) переважно знайшли застосування в очисних пристроях зі щітковими робочими органами. Вони використовуються

для очищення доріг у комунальному господарстві, аеродромів в авіації, деталей після виливки в машинобудуванні, для прибирання приміщень, як засоби гігієни та предметів образотворчого мистецтва, для очищення тканин тощо. У сільськогосподарському виробництві їх застосовують для очищення головок коренів кормових та цукрових буряків перед їх збиранням, для очищення ґрат у зерноочисних машинах, для очищення ножів бурякорізок у бурякоцукровому виробництві, для роздачі кормів на фермах, для очищення коренів при приготуванні кормів худобі, для очищення годівниць від залишків корму, підлог стійл від гною, на щітково-сепаруючих пристроях в томатозбиральних машинах і курей від пір'я після їх вибою, на висівних апаратах для важкого посівного матеріалу, для видалення кори з плодів гарбузових культур і т.д. [3, 12, 18, 24, 28, 29 та інші.].

У роботах перелічених вище вчених, присвячених теоретичному та експериментальному дослідженню очисників згинальними пружними елементами, розглянуто залежності і наведено значення ряду кінематичних, конструктивних та технологічних факторів, що надають визначальне значення процесу очищення щітковими робочими органами.

У своїх теоретичних роботах Є.П. Попов розробив точну теорію плоского вигину пружних прямих і криволінійних стрижнів і створив на її основі прикладні методи дослідження тонких гнучких деталей при великих пружних переміщеннях. схем навантаження та накладених зв'язків.

Є.П. Поповим пропонуються також два методи розрахунку тонких гнучких пружних деталей: метод пружних параметрів та метод еліптичних параметрів. Автором розроблена методика визначення розмірів поперечного перерізу плоских стрижнів, що працюють в умовах поперечного та поздовжнього вигинів, коли за заданим прогином кінця стрижня, значенням прикладеної сили, довжиною стрижня і допустимою напругою вигину визначаються товщина смужки стрижня, кут повороту кінця та його горизонтальне зміщення, вигину у закладенні та внутрішня енергія вигину.

Розроблений Є.П. Поповим метод пружних параметрів може бути застосований до будь-яких завдань про плоский згин пружних гнучких стрижнів, проте діаграми пружних параметрів складені тільки для завдань основного класу. Для завдань, які зводяться до основного класу, автор дає жодних рекомендацій. І тут виходять системи рівнянь, які у елементарних функціях не вирішуються і може бути вирішені лише шляхом послідовних наближень.

Діяльність С.А. Найданова зроблено спробу застосування аналітичного методу для вирішення задачі про силову взаємодію гладкого ворсу щіткового очищувача з корінням цукрових буряків (рисунок 1.8). Автором сформульовані основні вимоги, яким повинні відповідати робочі органи для механічного (безводного) доочищення коренів цукрових буряків, а саме: копіювання поверхні коренеплодів; очищення ґрунту з канавок; очищення коренів різних типорозмірів; мінімальне травмування коренеплодів у процесі очищення.

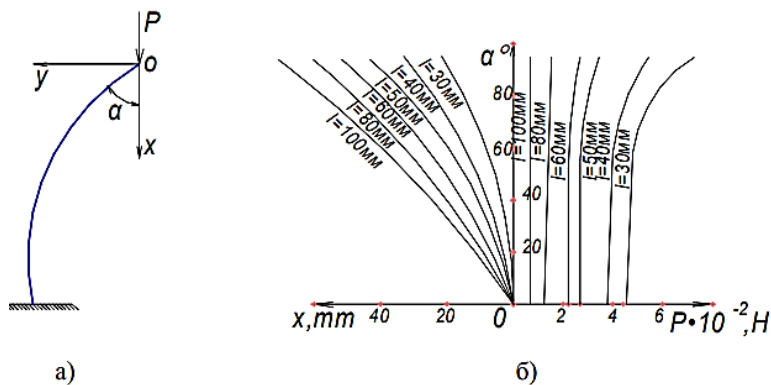


Рисунок 1.8 – Схема навантаження одиночного гладкого прутка стискаючою силою (а) та зміна його переміщення у вертикальному напрямку (б) при різних значеннях стискаючої сили P .

Далі автор вирішує завдання про вигин ворсу, користуючись методом С.П. Тимошенко, для визначення деформацій гнучких стрижнів і знаходить переміщення гладкого прутка у горизонтальному (Y) та вертикальному (X) напрямках.

Робота С.А. присвячена дослідженню сухого тертя за наявності розривів і великих пружних деформацій в одному з тіл, що труться. Автором розроблено динамічну модель щіткового робочого органу та визначено основні співвідношення трибоніки щіткових робочих органів. Введено поняття узагальненого кута кулонового тертя, що дозволило використовувати відомий

метод дослідження руху та рівноваги тіл при наявності тертя між ними, заснований на принципі конуса тертя і, в тому випадку, коли одне з тіл, що труться, відчуває розриви і великі пружні деформації. Розроблений автором метод дозволив пояснити той факт, що при експериментальному визначенні коефіцієнта тертя ковзання щітки об ґрунт на корені його значення коливалися від 1,4 до 1,6. Це пояснюється дією сил пружності деформованих прутків, які протидіють ковзанню по поверхні очищення і створюють більший сумарний опір, ніж при ковзанні кормового кореня по матеріалу прутка. Цей коефіцієнт можна назвати коефіцієнтом опору руху, тому що він складається з власне сил тривання і сил пружності з деформованих прутків.

Діяльність авторами В.М. Доманьковим, В.А. Агейчиком зроблено спробу розв'язання багатопланового завдання збереження жорсткості бичів доочисника коренеплодів збиральних машин, виготовлених з прогумованої бавовняної тканини. Автори розглядають бич як тонкий гнучкий стрижень, що під дією сили F (рисунок 1.9). Шляхом вирішення диференціального рівняння пружної лінії бича і з урахуванням того, що для гумових бавовняних бичів прийнято відношення $R_{\min} / \delta \geq 15$ [66, с. 56] автори приходять до наступної системи виразів для параметрів бича:

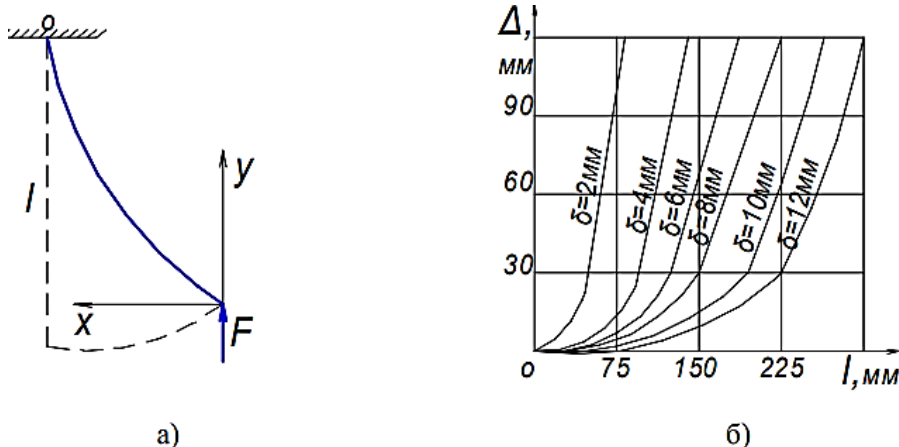


Рисунок 1.9 – Схема навантаження одиничного бича силою F (а) та залежність вертикальної деформації (Δ) бича від його конструктивних параметрів (товщини δ) (б).

Криві на рисунку 1.9 б, встановлюють взаємозв'язок конструктивних параметрів бичів (l та δ) з умовами їх експлуатації (Δ). Однак автори при

розгляді умов рівноваги бича нехтують дією сил інерції та сил опору середовища, що знижує точність одержаних ними результатів.

Відома робота А.В. Дервіша [1, 7] у сфері застосування щіткових робочих органів для механічної (безводної) очищення кормових коренеплодів.

Проте О.В. Дервішем не розкрито переваги щіткових робочих органів перед традиційними (шнековими, кулачковими тощо), не сформульовані умови протікання процесу очищення, не проведено обґрунтований вибір параметрів прутків та не пов'язана геометрія коренів з параметрами прутків. Все це призвело до того, що застосована на очищенні коренеплодів щітка великого діаметра не забезпечила видалення ґрунту з їхніх канавок і ефект очищення виявився невисоким (50%).

Як зазначає Л.М. Гусєв [5, 9, 25], процес руху ворсу щіткового ротора має дві фази, що відрізняються наявністю та відсутністю контакту ворсу з поверхнею, що очищається. Для встановлення ряду конструктивних та кінематичних параметрів щіткового ротора необхідно знати основні характерні положення ворсу під час його контакту (рисунок 1.10).

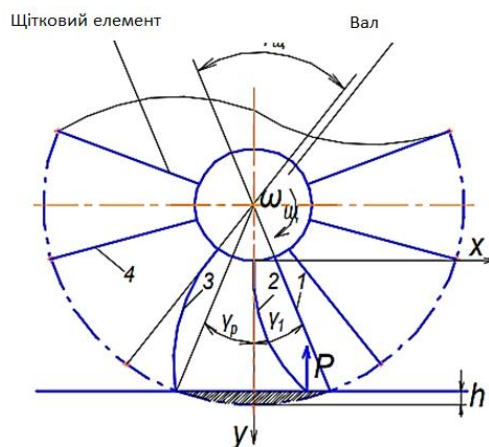


Рисунок 1.0 – Схема кутових переміщень ворсин циліндричної щітки: 1 – початок контакту прутка з поверхнею, що очищається; 2 – робоче положення прутка; 3 – кінець контакту дроту; 4 – холосте положення прутка.

З рисунка 1.10 видно, що існують три характерні положення прутків і три характерних кута (γ_1 - кут зустрічі ворсин з поверхнею очищення; γ_r - кут відхилення ворсин в момент виходу з дотику з поверхнею очищення; поверхнею очищення. Так, кут γ що визначає ту частину ворсу, яка знаходиться

в зіткненні з поверхнею, що очищається, за величиною кута γ_1 визначається максимальна деформація прутків, а за величиною кута γ_p - величина деформації прутка при виході з контакту з поверхнею.

Відповідно до експериментальних досліджень Л.М. Гусєва по виявленню великих прогинів щіткового ворсу можна вважати, що крива вигину ворсу має параболічний характер і в період контакту ворсу з поверхнею, що очищається, ворс приймає різні за формою лінії (рисунок 1.10), починаючи від прямої, різного виду дуг парабол і кінчаючи прямий лінією. Крім того автор зазначає, що ворс щіток виконує функції, що очищають в той час, коли його кінці, що стикаються з очищається поверхнею, складають кут 90° або близький до нього. В інших випадках ворс ковзає по цій поверхні і очищення або зовсім відсутнє, або відбувається дуже інтенсивно. Ця характерна особливість є основним недоліком щіткового ворсу з гладкою поверхнею і прямолінійною формою, що знижує його копіювальну здатність і ступінь очищення.

Діяльність Ю.Н. Вальщикова висвітлено питання зносу різних видів щіткового ворсу, наведено значення тертя ковзання для різних матеріалів і розмірів його поперечного перетину. Експериментальні дослідження показали, що щітки з капронового ворсу (діаметр 1,5-1,7 мм) служать у 4 рази довше, ніж із сталевих високоякісного кардного дроту. Як показала фотомікроскопія зразка капронового ворсу, знос відбувається за рахунок розшарування та зрізання мікрочастинок ворсу. У зоні контакту ворсу з поверхнею, що очищається, не виникає великої температури за рахунок роботи сил тертя, яка б оплавляла частинки матеріалів ворсу і впливала б на величину зносу. Основними причинами малої довговічності ворсу, на думку Ю.М. Вальщикова, є: виламування ворсу у місцях його жорсткого закладення; перетирання ворсу внаслідок недостатньої міцності його загортання; наклеп матеріалу дроту у місцях взаємного перехреснування; ослаблення перерізу ворсу внаслідок корозійної руйнації.

Таким чином, аналізованих в літературі результатів експериментальних і теоретичних досліджень щіткових очищувачів показав, що необхідні додаткові

дослідження, пов'язані з визначенням основних параметрів і режимів роботи гофрощіткового очищувача зі щітковим ворсом криволінійної форми з додатковими еліптичними потовщеннями на дисках і розробкою методик.

Висновки

Існуючі машини для гідромеханічного очищення (мийки) енерго - і металомісткі та малопродуктивні при підвищеній забрудненості кормових коренеплодів. Таким чином, пошук і створення більш досконалих робочих органів для очищення коренеплодів від забруднень механічним (безводним) способом набуває в даний час особливого значення.

У зв'язку з цим мета досліджень формулюється як підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування шляхом розробки конструкції та визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів гофрощіткового очищувача для механічного (безводного) очищення та відокремлення кормових коренеплодів від домішок.

Для досягнення поставленої мети передбачимо вирішення наступних завдань дослідження:

1) визначити шляхи підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування сільськогосподарським тваринам та розробити конструктивно-технологічну схему гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів;

2) розробити математичну модель руху коренеплодів у робочому обсязі очищувача, що дозволяє обґрунтувати основні конструктивно-режимні параметри гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів;

3) експериментально підтвердити результати теоретичних досліджень та визначити раціональні параметри пропонованого пристрою;

4) провести перевірку розробленого гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів у виробничих умовах і оцінити економічну ефективність його застосування.

2 АНАЛІТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ГОФРОЩІТКОВОГО ОЧИСНИКА КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ

2.1 Переміщення одиничного коренеплоду по зовнішній поверхні похилого гофрощіткового барабана, що обертається

В результаті аналізу існуючих конструкцій очищувачів та результатів їх досліджень можна сказати, що в даний час робочий процес гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів недостатньо вивчений.

Призначення гофрощіткового очисника для післязбиральної механічної (безводної) очищення - відділення вільних домішок (камені, грудки, рослинні залишки), а також налиплих на поверхні коренеплодів ґрунтових окремощів і бадилля. Відділення коренеплодів від вільних домішок, певною мірою, аналогічно очисним процесам, що відбуваються на барабанних, щіткових, шнекових, роликових, пневмомеханічних сепараторах, а також при гуркотінні гірських порід, вугілля та породи, при сортуванні зерна, насіння тощо. Порівняння з цими процесами показує, що відділення (сепарація) вільних ґрунтових включень рослинних залишків у гофрощітковому очищувачі труднощів представляти не буде. Основна ж труднощі при очищенні полягає у відділенні налиплих з поверхнями коренеплодів ґрунтових окремощів, які є найбільш складними компонентами конеклубнеплідного вороху. Тому конструктивні параметри очищувача слід вибирати виходячи із забезпечення умов для відділення саме налиплих домішок.

У зв'язку з відсутністю основних аналітичних залежностей для теоретичного розрахунку гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів розглянемо переміщення одиничного коренеплоду по зовнішній похилій циліндричній обертової поверхні гофрощіткових барабанів, а також переміщення маси коренеплодів у робочому об'ємі гофрощеточних.

Розглянемо відносний рух одиничного коренеплоду (у формі півсфероконауса) радіусом r в широкій частині по зовнішній поверхні нижнього

гофрощіткового барабана, що обертається, радіусом R (рисунок 2.1), нахиленого до горизонту під кутом γ .

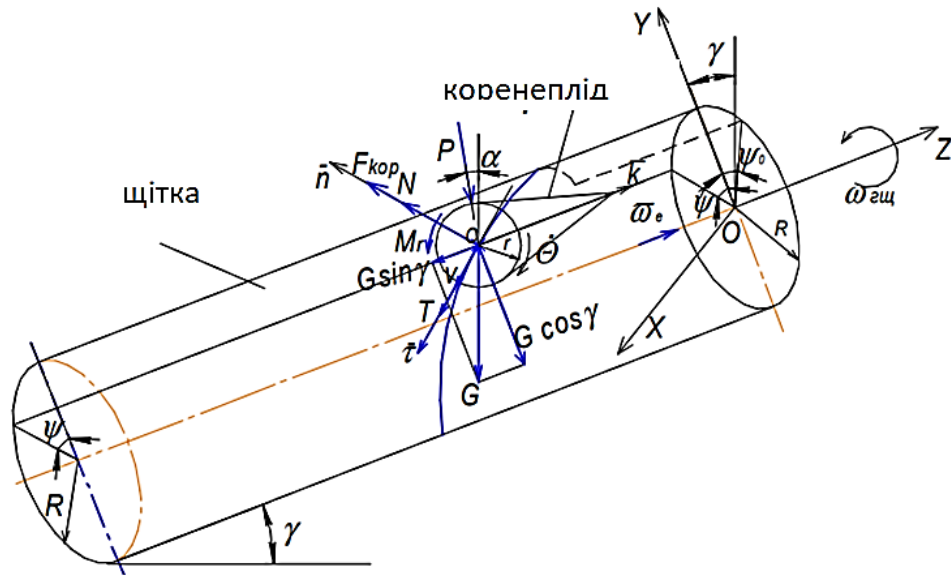


Рисунок 2.1 – Еквівалентна схема руху коренеплоду по зовнішній поверхні похилого гофрощіткового барабана, що обертається.

Припустимо, що початкова швидкість коренеплоду при попаданні на поверхню нижнього барабана дорівнюватиме нулю, а окружна швидкість барабана буде завжди більша за окружну швидкість руху коренеплоду по ній. При цьому на коренеплід під час руху діятимуть сили:

- сила тяжкості коренеплоду;
- нормальна реакція, спрямована нормалі до траєкторії відносного руху тіла поверхнею барабана;
- сила тертя ковзання коренеплоду по поверхні барабана, якщо окружна швидкість барабана більша за окружну швидкість коренеплоду, то сила T спрямована у бік обертання барабана;
- сила Коріоліса, спрямована за нормаллю до траєкторії відносного руху коренеплоду;
- сила підпору вищих шарів коренеплодів, де n - кількість вищих шарів коренеплодів; α – кут між лінією, що з'єднує центри коренеплодів та вертикаллю ($\alpha = 30^\circ$);

Даний метод є більш досконалим і дозволяє при меншому обсязі обчислень отримувати точніший результат [1, 9, 14]. При порівнянні

результатів розрахунку швидкостей і переміщень коренеплоду з кроками інтегрування $h = 100$ $h = 50$ похибка методу склала не більше 7%. При чисельному інтегруванні математичної моделі (2.9) у пакеті приймемо постійними величини: кутова швидкість барабана $\omega = 20,93 \text{ с}^{-1}$, маса коренеплоду $m = 2 \text{ кг}$, коефіцієнт опору руху $f = 1,49$, кут нахилу барабанів до горизонту $\gamma = 3^\circ$, сила тиску від ваги кореплодів вищележачих $P = 79 \text{ Н}$, радіальний параметр $\rho = 0,25$, параметр $\lambda = 16,6$ з наступними початковими умовами: кут контакту коренеплоду з барабаном $\psi_0 = -0,5236 \text{ рад}$, кутова швидкість коренеплоду $0,001 \text{ с}^{-1}$, шлях коренеплоду $z_0 = 0,01 \text{ м}$, лінійна швидкість $z_0 = 0 \text{ м/с}$. За отриманими даними побудовано графік зміни кутової ω та лінійної v швидкості руху, а також переміщення s коренеплоду вздовж барабана (рисунок 2.2).

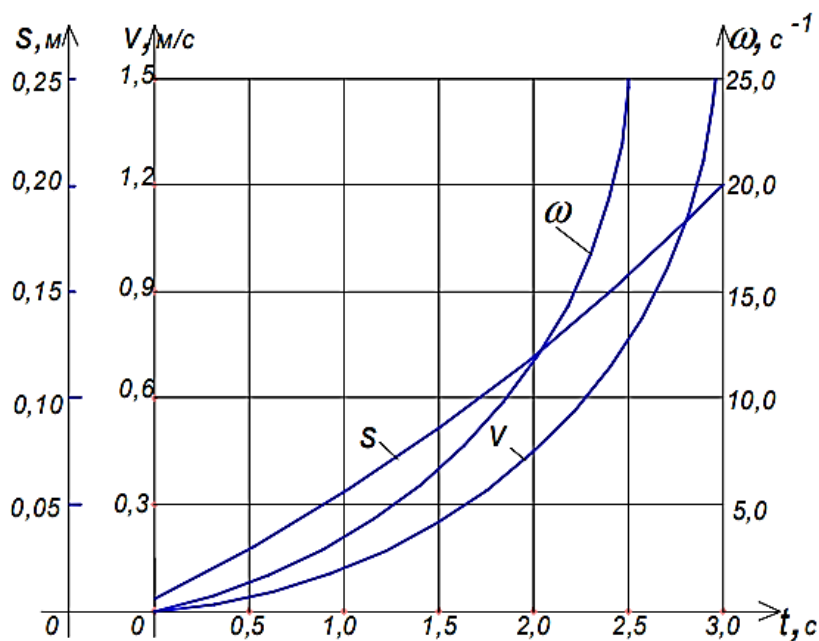


Рисунок 2.2 – Графік зміни кутової ω , лінійної v швидкості руху та переміщення s коренеплоду вздовж гофроціткового барабана.

Як показують отримані графіки, протягом усього часу контакту лінійна швидкість руху і шлях, пройдений коренеплодом від початку відліку, вздовж гофроціткового барабана монотонно зростають. Кутова швидкість переміщення $\omega = f(t)$ змінюється за експоненційною залежністю, досягаючи максимальних значень після $t = 1,8 \text{ с}$ (за постійної кутової швидкості обертання барабана $\omega = 20,93 \text{ с}^{-1}$). У момент, коли кутова швидкість руху коренеплоду

стає більшою за кутову швидкість барабана ($t=1,8-2,4$ с), тіло відривається (залишає) робочу поверхню. Найбільший вплив на кутову швидкість руху та кут відриву коренеплоду надає кутова швидкість обертання барабанів. На лінійну швидкість переміщення коренеплоду і пройдений шлях найбільше впливає кут нахилу гофрощіткових барабанів до горизонту.

Процес механічного (безводного) очищення коренеплодів гофрощітковим очищувачем здійснюється внаслідок їх контакту з гофрованими криволінійними смужками «пилчастого профілю», шарнірно закріплених на сердечнику барабана. При цьому за рахунок примусового обертального руху робочих елементів барабанів і поступально-обертального переміщення коренеплодів вздовж похилої ротаційної поверхні здійснюється копіювання нерівностей коренеплодів виступами гофрополосок і зчісування налиплих домішок (налиплих ґрунтів і рослинних залишків). Схема взаємодії одиничного коренеплоду з нижнім гофрощітковим барабаном та заслінкою представлена на рисунку 2.3.

Для здійснення процесу очищення робочими елементами гофрощіткового очищувача необхідно виконання наступних умов: по-перше, наявність достатньої для зчісування та відділення налиплих ґрунтових окремоностей нормальної сили N (2.8), т.к. саме вона забезпечує виникнення корисної сили тертя (зчісування) T . По-друге, корисна сила зчісування T (2.10) повинна бути більшою за складові сил зв'язку ґрунту з поверхнею коренеплоду або сил внутрішнього тертя ґрунту у разі пошарового його видалення з поверхні коренеплодів, що очищаються. По-третє, гофросмужний ворс барабанів повинен бути упругодеформованим і мати достатню потенційну і кінетичну енергію [9, 14, 16, 17].

Таким чином, корисна сила зчісування T , найбільшою мірою, залежить відвисання лежачих шарів коренеплодів, конструктивних особливостей гофрополосного криволінійного ворсу «пильчастого» профілю і його кутовий швидкості обертання.

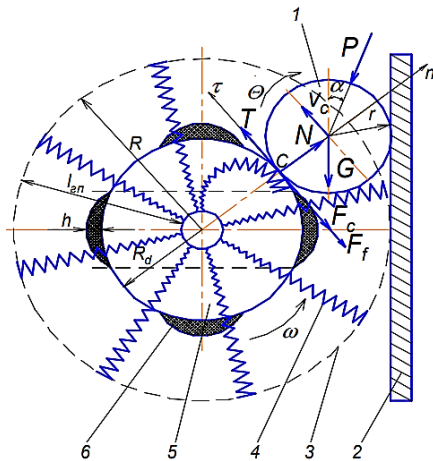


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії коренеплоду з нижнім гофроцітковим барабаном: 1 – коренеплід; 2 – заслінка; 3 – гофроцітковий барабан; 4 – гофрована смужка; 5 – еластичний диск; 6 – еліптичні потовщення.

Залежність нормальної сили N і корисної сили зчісування T , що діє на коренеплоди, що очищаються, від кутової швидкості обертання гофрополосного ворсу представлена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Залежність сили зчісування T (1) та нормальної реакції N (2) від кутової швидкості обертання гофросмужного ворсу.

З аналізу графіка на рисунку 2.4 бачимо, що з збільшенням частоти обертання гофроціткових барабанів збільшується дія відцентрових сил на гофросмушний ворс і коренеплоди, що веде до зниження величини нормальної реакції та корисної сили зчісування, що діє на поверхні, що очищаються. Зі зростанням кутової швидкості обертання барабанів зменшується час їх контакту з коренеплодами та збільшується окружна v_c і осьова v_a швидкість проходження очищуваних коренеплодів по ній. Збільшення кількості

одночасно оброблюваних коренеплодів кутову швидкість обертання гофрополосного ворсу барабанів також необхідно збільшувати.

2.2 Переміщення маси коренеплодів у робочому обсязі очищувача та визначення його продуктивності.

За даними експериментально-теоретичних та аналізу руху маси коренеплодів усередині робочого об'єму гофрощіткового очищувача встановлено, що найбільша ефективність очищення, при незначній витраті енергії на привід, досягається тоді, коли частота обертання барабанів знаходиться в діапазоні від 10 до 40 с⁻¹ ($\omega_{\min} \leq \omega < \omega_{\max}$). У цьому випадку коренеплоди, що подаються на очищення, потрапляють на обертові гофродискові барабани і регульовану заслінку, встановлені похило. Шар коренеплодів, що прилягає до поверхні нижніх барабанів (рисунок 2.5), починає здійснювати циклічний рух: захоплюється ними від центру до країв, далі підхоплюються бічними (верхніми) барабанами до виходу з-під верхніх шарів і піднімаються на деякий кут до відбивачів, а потім скочується вниз, інтенсивно перетираючись. Нижній контактний шар коренеплодів при своєму русі у бік обертання барабанів захоплює другий шар, другий захоплює третій і т.д. Дискиселіптичними потовщеннями, що обертаються, створюють додатково єдиний вплив на кормові корені, переміщуючи їх у радіальному напрямку. За рахунок ударів дисків з потовщеннями та тертя коренеплодів про обертові гофровані смужки криволінійної форми пильчастого профілю, диски та гумові заслінки, забезпечується активний динамічний контакт коренеплодів з барабанами, завдяки чому пов'язаний з кормового коренями ґрунт переходить у розряд вільної і, разом з іншими забрудненнями, просівається через зазори між гофрощітковими барабанами. При такому режимі роботи досягається найкраще перемішування та тертя коренеплодів як один про одного, так і про гофросмугову поверхню барабанів, що призводить до підвищення ефективності очищення та досягнення заданої продуктивності пристрою.

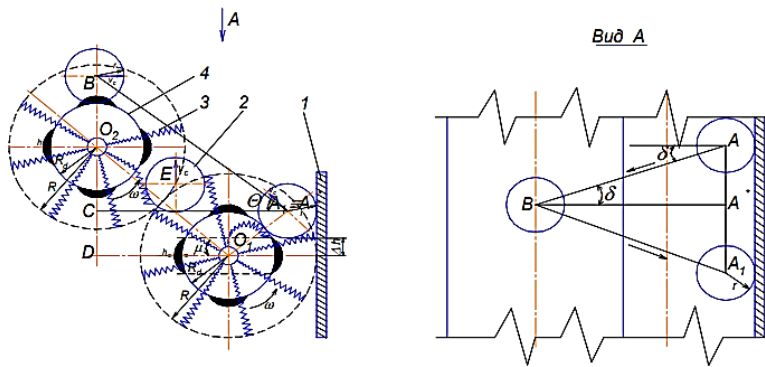


Рисунок 2.5 – Схема визначення осьової швидкості переміщення коренеплоду в робочому обсязі очищувача: 1 – заслінка; 2 – коренеплід; 3 – барабан; 4 – диск барабана з потовщеннями.

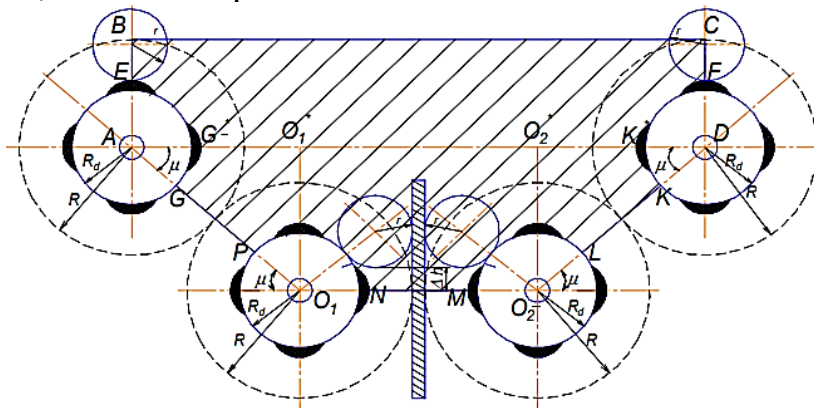


Рисунок 2.6 – Схема визначення площі перерізу робочого об'єму очищувача SC.

Зі схеми рисунку 2.6 маємо співвідношення: геометричних характеристик барабанів, площа перерізу робочого об'єму очищувача SC дорівнює:

$$S_c = 4R^2 [\cos \mu + \sin \mu (\cos \mu + 1) + 0,5] - \frac{3}{2} \pi R_d^2$$

де: R – радіус барабана; R_d – радіус диска барабана; μ – кут підйому бічних барабанів. Залежність площі перерізу робочого об'єму

очищувача від геометричних характеристик барабанів представлено рисунку 2.7.

З аналізу залежності і рисунка 2.7 випливає, що площа поперечного перерізу робочого об'єму гофроціткового очищувача кормових коренеплодів залежить від геометричних характеристик робочих органів: зі збільшенням діаметра барабанів площа перерізу SC збільшується, пропускна здатність пристрою також буде збільшуватися, зі збільшенням діаметра дисків площа перерізу SC зменшується. Зі збільшенням кута підйому бічних барабанів від $\mu =$

0° до $\mu = 40^\circ$ площа перерізу SC збільшується, а зі зміною кута від $\mu = 50^\circ$ до $\mu = 90^\circ$ площа перерізу SC зменшуватиметься. Для забезпечення максимальної пропускної здатності пристрою кут підйому бічних барабанів має бути $\mu = 40-50^\circ$.

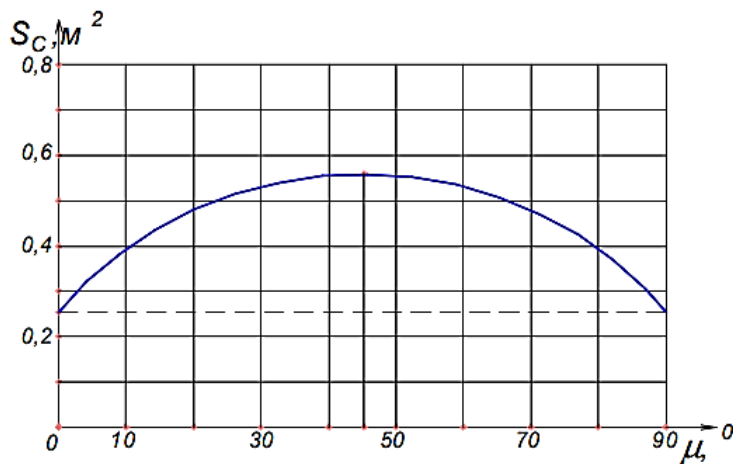


Рисунок 2.7 – Залежність площі перерізу робочого об'єму очищувача від кута підйому бічних барабанів.

Бачимо, що на продуктивність очищувача впливають кут його нахилу до горизонту та кут підйому бічних барабанів (рисунок 2.8), швидкість просування коренеплодів у робочому обсязі, геометричні характеристики барабанів. Коефіцієнт заповнення робочого обсягу прямо пропорційний зміні продуктивності, але т.к. основним показником роботи очищувача є якість очищення від поверхневих забруднень, то оптимальне заповнення робочого обсягу слід вибирати, виходячи з цієї умови. При малому заповненні робочого обсягу не буде належного перетирання коренеплодів один з одним, що знизить ефективність очищення. При значному заповненні робочого об'єму домішки, що відокремилися, з верхніх шарів коренеплодів осідатимуть на нижніх і не встигатимуть просіюватися через гофровані щітки.

За даними вчених [4, 9, 13, 23, 25], які досліджували барабанні очищувачі коренеплодів, найкращим заповненням робочого обсягу очищувача слід вважати завантаження коренеплодів у три шари при заповненні $1/3$ частини його обсягу.

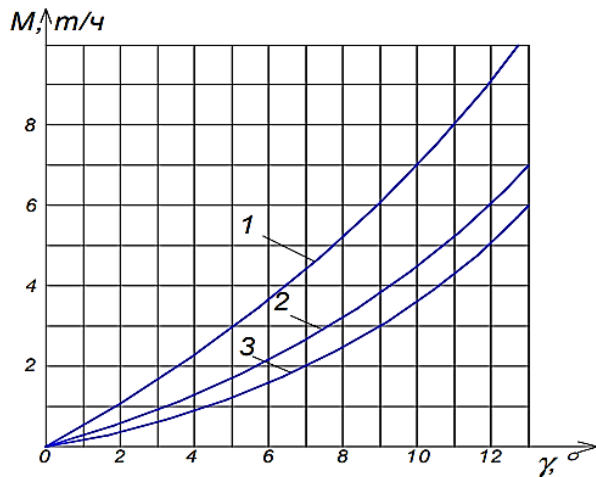


Рисунок 2.8 – Залежність теоретичної продуктивності очищувача від кута його нахилу до горизонту γ та кута підйому бічних барабанів μ : 1 - $\mu = 45^\circ$; 2 - $\mu = 70^\circ$; 3 - $\mu = 30^\circ$

2.3 Визначення основних конструктивних параметрів робочих органів очисника та потужності приводу гофроціткового очищувача.

Основними конструктивними параметрами робочих органів очищувача слід вважати довжину L і діаметр D гофроціткових барабанів, діаметр D_d і крок t_d розташування опорних дисків по довжині барабанів, а також величину зазору s_d між дисками барабанів і заслінкою та висоту еліптичних потовщень h на них.

При підрахунку теоретично необхідної довжини гофроціткових барабанів очищувача за формулами розбіжності в результатах незначні і не перевищують 5-7%. Графік залежності довжини барабанів очищувача від часу обробки коренеплодів представлений рисунку 2.9.

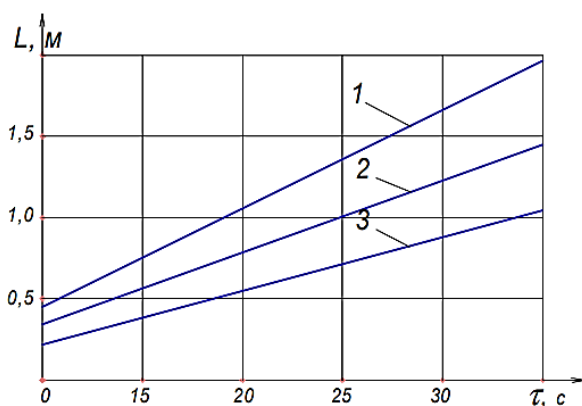


Рисунок 2.9 – Графік залежності необхідної довжини гофроціткових барабанів від тривалості обробки коренів: 1 - $R = 0,15$ м; 2 - $R = 0,25$ м; 3 - $R = 0,35$ м 65.

Згідно з попередньо проведеними дослідженнями [9, 13, 17], необхідний час обробки коренеплодів кормового буряка в щіткових очисниках становить $\tau = 20-30$ с. Остаточний вибір раціональної довжини барабанів очищувача і тривалості обробки повинен уточнюватися результатами експериментальних досліджень.

Значення діаметра гофрощіткових барабанів визначаємо, виходячи з умови одночасної обробки рекомендованої кількості шарів коренеплодів $n = 3-5$ і забезпечення необхідної пропускної здатності очищувача, що розробляється.

При діаметрі коренеплоду у найбільшому його перерізі $d_k = 0,1$ м, кількості одночасно оброблюваних шарів коренеплодів $n = 3$, вугіллі підйому бічних барабанів $\mu = 45^\circ$ найменший діаметр барабанів повинен бути $D_{\min} = 0,21$ м. Оптимальне значення діаметра гофрощіткових барабанів буде уточнюватись експериментальними дослідженнями.

Значення діаметра опорних дисків на барабанах визначаємо, виходячи з умови незащемлення і непровалу коренеплодів середньої фракції, що очищаються, в робочому об'ємі очищувача (рисунок 2.10). З теорії роликів очищувачів коренеплодів [153, 187] відомо, що якщо кут між поверхнями, що стискають (за умови рівності коефіцієнтів тертя тіла по них) буде менше подвоєного кута тертя, то тіло буде защемлено (не вислизатиме з розчину кута). Найбільш сприятливі умови для защемлення коренеплодів створюються, коли еластичні диски розташовані в одній горизонтальній площині (рисунок 2.10).

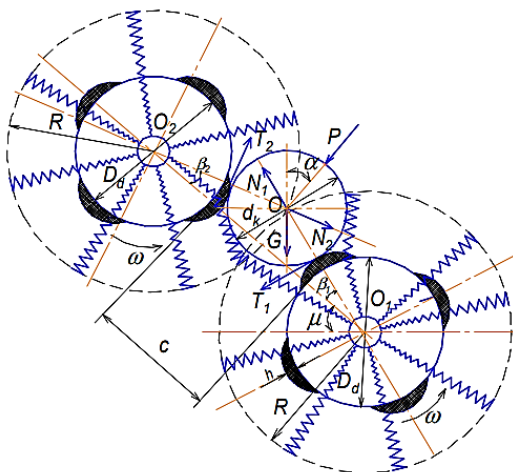


Рисунок 2.10 – Схема взаємодії коренеплоду з опорними дисками барабанів.

У цей момент на коренеплід діє сила ваги кореплодів P , що лежать вище, сила ваги аналізованого коренеплоду G , нормальні реакції з боку дисків $N1$ і $N2$ і сили тертя (корисні сили зчісування) $T1$ і $T2$. Прийmemo, що всі ці сили діють в одній вертикальній площині, перпендикулярній осям обертання барабанів. Осьові сили при цьому не враховуватимемо. Сили $T1$ і $T2$ зберігають свій напрямок за умови: окружна швидкість коренеплоду завжди менша за окружну швидкість обертання дисків. Під впливом $T1$ і $T2$ окружна швидкість коренеплоду зростає. Якщо сума кутів, що призведе до защемлення коренеплоду між дисками та його втрати (провалювання між ними).

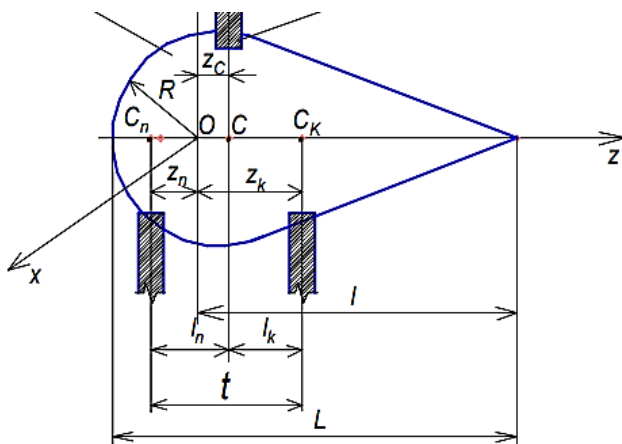


Рисунок 2.11 – Схема визначення відстані між дисками на барабанах

Прийmemo, що для забезпечення сталого становища коренеплоду точки його контакту з дисками барабанів повинні розташовуватись на одній лінії з центрами складових частин коренеплоду – півсфери та конуса, тобто – відстань від центру мас відповідно півсфери і конуса до центру тяжкості об'єднаного тіла t . C (коренеплода). Зі схеми на рисунку 2.11 маємо z_n – відстань від центру координат t . до центру тяжкості півсфери t . z_k – відстань від t . до центру тяжкості конусної частини [5, 12]. З урахуванням наведених вище залежностей відстань між сусідніми дисками по довжині барабана визначиться виразом.

Потужність на привод гофрошечоточного очисника кормових коренеплодів N витрачається на подолання тертя гофрополос ND .

Потужність, що витрачається на подолання опору повітря обертанню гофротіткового барабана, може бути приблизно визначена через елементарну

потужність $dN_B = dP_B v$, де dP_B - елементарна сила опору середовища переміщенню нескінченної малої площадки гофрополоски (рисунок 2.12).

Проінтегрувавши вираз для dN_B у відповідних межах, отримаємо величину потужності N_B (в кВт) для циліндричного обертового барабана порівняномірним розподілом гофрополосного ворсана сердечнику:

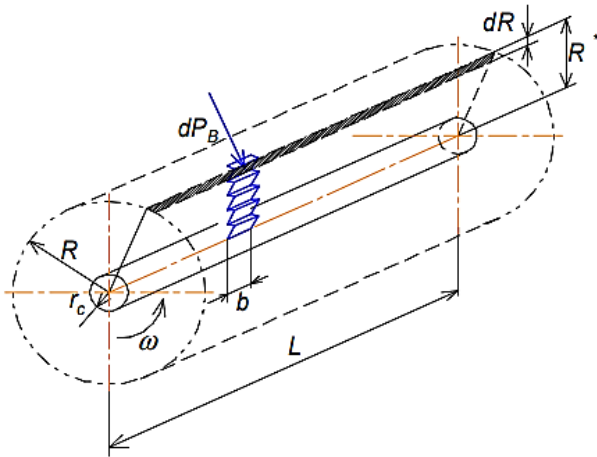


Рисунок 2.12 – Об'єм описуваний елементарним майданчиком гофросмужного ворсу, що рухається в повітрі.

Необоротна частина енергії, що витрачається на деформацію гофроворсу циліндричних барабанів N_D , залежить, головним чином, від величини радіальної деформації ΔR і моменту деформації $M_D = N \Delta R$:

Таким чином, теоретичне значення потужності, потрібної на привід гофроціткового очисника кормових коренеплодів, можна визначити за залежністю з урахуванням формул. Графік залежності потужності на привід очисника від частоти обертання гофроціткових барабанів представлений рисунку 2.13 (при діаметрі барабанів $D = 0,5\text{м}$, довжині гофросмужок $L_0 = 0,2\text{м}$, їх кількості на барабані $i_{ob} = 1500\text{шт}$, кількості барабанів $z = 4\text{шт}$).

З аналізу залежностей і рисунка 2.13 випливає, що споживана потужність найбільшою мірою залежатиме від частоти обертання гофроціткових барабанів n , їх кількості z і величини радіальної деформації ΔR . необхідно експериментальним шляхом встановити деякі механіко-технологічні властивості реального вороху коренеплодів, зокрема коефіцієнт тертя руху коренеплодів при переміщенні по поверхні гофроціткових барабанів f ,

швидкість переміщення коренеплодів в робочому об'ємі очищувача v_l , час перебування оброблюваного матеріалу в робочому об'ємі очищувача τ .

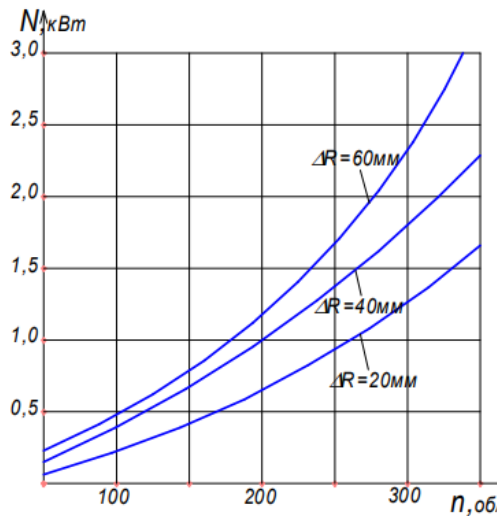


Рисунок 2.13 – Теоретична залежність потужності на привід N від частоти обертання гофроціткових барабанів n та радіальної деформації гофроворсу ΔR .

Висновки

1. Проведений огляд та аналіз конструкцій очищувачів-відділювачів коренів від домішок дозволили висунути робочу гіпотезу та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему перспективного технічного засобу для механічного (безводного) очищення без застосування води – гофроціткового очищувача кормових коренеплодів;

2. У результаті теоретичних досліджень отримана математична модель руху одиничного коренеплоду повної поверхні похилого циліндричного гофроціткового барабана, що обертається. Отримано математичні моделі, що описують процес механічного (безводного) очищення з достатнім ступенем адекватності, які дозволяють визначити теоретичні значення переміщень, швидкостей і прискорень оброблюваних коренеплодів, а також величину нормальної реакції та корисної сили тертя;

3. Отримано вирази для визначення теоретичних значень продуктивності очисника та витрат потужності на здійснення процесу очищення. Також отримані теоретичні залежності для визначення основних конструктивно-режимних параметрів очищувача: довжини та діаметра барабанів та, діаметра

та кроку розташування опорних дисків та, висоти еліптичних потовщень на дисках та кутової швидкості обертання барабанів ;

4. Проведені дослідження дозволили теоретично обґрунтувати робочий процес та умови та, необхідні для здійснення очищення в робочому об'ємі його фрочеточного очищувача кормових коренеплодів і визначити його основні конструктивно-режимні параметри:

- Діаметр гофрощіткових барабанів очищувача повинен знаходитися в межах 0,4 - 0,6 м;

- раціональна частота обертання гофрощіткових барабанів повинна бути в межах 100-300хв-1;

- зазор між барабанами та заслінкою повинен бути не більше 0,05м, а між дисками сусідніх барабанів не більше 0,07-0,08м;

- Довжина очищувача повинна знаходитися в межах 0,5-1,5 м;

- Діаметр опорних дисків повинен знаходитися в межах 0,2- 0,36 м, а крок їх розташування по довжині барабанів повинен змінюватися в межах 0,08-0,16 м;

- висота потовщення на дисках повинна бути не більше 0,03 м, а їх кількість на одному диску повинна бути не більше чотирьох;

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОФРОЩІТКОВОГО ОЧИСНИКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА

3.1 Програма та методика проведення експериментальних досліджень.

Відповідно до мети досліджень і поставлених завдань, а також для перевірки основних теоретичних положень роботи та обґрунтування параметрів гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів визначено наступну програму експериментальних досліджень:

1. Визначення об'єктів дослідження, показників робочого процесу та факторів, що впливають на ефективність очищення коренеплодів, визначення рівнів та інтервалів їх варіювання;
2. Визначення впливу параметрів робочих органів на якість очищення, продуктивність та енергоємність гофрощіткового очисника;
3. Вивчення впливу початкової забрудненості та вологості налиплих домішок на ефективність очищення;
4. Встановлення залежності ефективності очищення коренеплодів від тривалості їх обробки;

Відповідно до наміченої програмою досліджень планувалося визначити показники якості роботи гофрощіткового очищувача та встановити залежності впливу конструктивних і кінематичних параметрів на продуктивність та якість очищення.

Для встановлення залежності впливу конструктивних і кінематичних параметрів на продуктивність та якість очищення нами було розроблено та виготовлено лабораторну установку (рисунок 3.1). На рамі 1 змонтована робоча камера 2 для коренеплодів довжиною 0,5м, шириною 0,9м, висотою 0,6м і електропривод 3. У робочій камері встановлені два гофрощіткові барабани 4 і 5 і заслінка 6, що регулює відстань між ними. Гофрощітковий барабан 4 встановлений в камері з можливістю його переміщення щодо барабана 5 вліво - вправо - вгору і складається з набору шарнірно закріплених криволінійних гофрованих смужок 7. Гофрощітковий барабан 5 складається з наборів

шарнірно закріплених гофрованих смужок 7 8 із закріпленими на них еліптичними потовщеннями 9. Для зміни кута нахилу робочої камери до горизонту служать механізми перекосу 10. За допомогою ланцюгової передачі 11, гофродискові барабани приводяться в обертання, яке передається на один з них через муфту 12 від електродвигуна 3. провадиться інвертором векторного управління 13.

Для визначення сил взаємодії наборів гофрованих смужок з кормового коренями (об'єктами очищення) і вивчення характеру їх руху по поверхні в лабораторній установці використовується циліндр з тензодатчиками 14 і механізм переміщення 15 з рамкою 16. Тензовимірювальні датчики підключаються через електронний осцилограф і станційних вимірів, відносно просте посилення сигналу, високу чутливість, малу інерційність вимірювальних пристроїв та простоту обробки інформації [2, 9, 11].

Під час проведення пошукових дослідів щодо визначення якості очищення на лабораторній установці з кожної повторності дослідів відбиралися 3-5 коренеплодів, зважувалися з точністю до $\pm 1\text{г}$ на електронних вагах та позначалися. Потім помічені коренеплоди поміщалися в робочу камеру установки на поверхню гофрощіткових барабанів і на них зверху поміщався шар немічених коренеплодів. Установка налаштовувалась на необхідний режим та включалася в роботу. Час обробки коренеплодів був обраний згідно з раніше проведеними дослідженнями, дорівнював 30с і контролювався секундоміром [9].

Очищені коренеплоди зважувалися на електронних терезах, потім ретельно вручну відмивалися і, після стікання води протягом 3-5хв, знову зважувалися.

Від маси чистих (відмитих) коренеплодів віднімали масу прилипшої води у розмірі 1% [8, 11, 15]. За результатами трьох зважувань визначалася якість очищення.

Для візуального спостереження за характером взаємодії коренеплодів з гофрощітковими барабанами та регулювальною заслінкою проводили відеозйомку процесу очищення: для цього окремий коренеплід середнього

розміру найбільш правильної форми поміщався всередину робочої камери лабораторної установки, дві протилежні стінки якої виконані з оргскла і є прозорими. Зйомка проводилася на всіх режимах роботи гофроціткових барабанів з подальшим покадровим аналізом та розшифровкою на ЕОМ. На першому етапі дослідження на лабораторній установці проводили експерименти щодо визначення:

- сил взаємодії гофрованих смуж криволінійною поверхнею (циліндром) в залежності від окружної швидкості обертання барабана та його діаметра, радіальної деформації матеріалу та геометричних характеристик очисних гофрополос, щільності їх розташування на сердечнику;
- характеру руху очисних гофрополос криволінійної поверхні, їх положення в період контакту при максимальній деформації;
- впливу діаметра та частоти обертання гофроціткових барабанів, діаметра та кроку розташування гумових дисків, кількості та розмірів еліптичних потовщень на дисках, зазору між барабанами та заслінкою, кута нахилу гофроціткових барабанів до горизонту, вмісту домішок на ефективність їх очищення та відділення. Найменування факторів та рівні їх варіювання, які можна змінювати на лабораторній установці, наведено у таблиці 3.1.

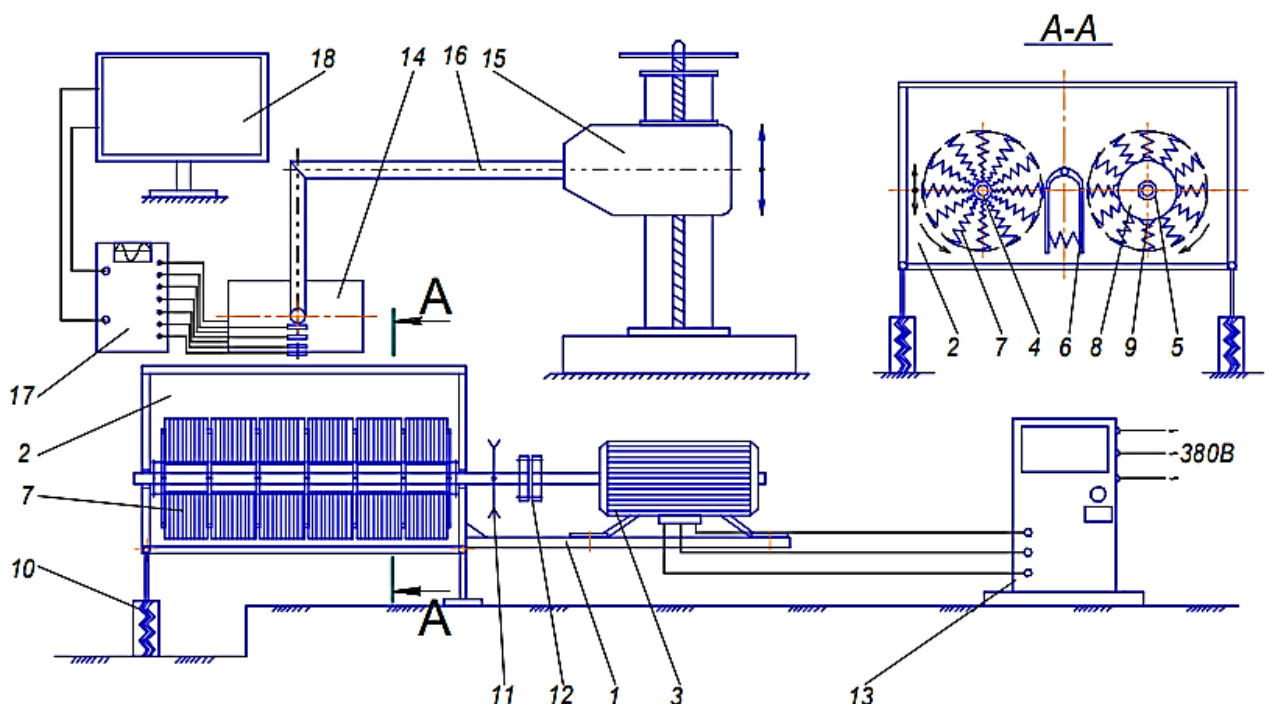


Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки.

За результатами аналізу наукової літератури та серії пошукових дослідів, при лабораторному дослідженні, було встановлено основний рівень для всіх факторів, а інтервали варіювання прийняті такими, за яких помітно зміна ходу процесу очищення та відділення домішок, але, в той же час, значно процес не змінюється.

Методика проведення дослідів на експериментальній установці

Для визначення умов та методики проведення експериментальних досліджень скористалися ОСТ 70.19.2 – 83 «Машини та обладнання для приготування кормів. Програма та методи випробувань». Відповідно до програмою експериментальних досліджень, поставленими завданнями та вибраними межами варіювання основних факторів, що впливають на процес очищення кормових коренеплодів гофрощітковим очищувачем, була спроектована і виготовлена експериментальна установка (рисунки 3.2 - 3.5), що дозволяє проводити дослідження в умовах, близьких до природних. Установка складається з нерухомої 1 і рухомий 2 рами, завантажувального бункера 3. На рухомій рамі симетрично встановлені два центральних 4 і два бічних 5 гофрощіткових барабана і одна регульована напрямна заслінка 6 між ними, причому бічні гофродискові барабани за допомогою механізму переміщення щодо центральних барабанів, а конструкція напрямної заслінки дозволяє регулювати відстань між ними. У конструкцію експериментальної установки також входить механізм нахилу рухомої рами 8, пруткові відбивачі 9, вивантажний лоток коренеплодів 10, механізм приводу барабанів 11. На валах 12 гофрощіткових барабанів з певним кроком встановлені гумові диски 13 з додатковими еліптичними. Між дисками на валах шарнірно закріплені набори гофрованих смужок криволінійної форми «пилчастого» профілю. Місце завантаження кормових коренеплодів усередину робочого об'єму установки (робоча довжина гофрощіткових барабанів) регулюється переміщенням бункера завантаження по напрямних. Швидкість проходу коренеплодів усередині робочого об'єму установки визначається кутом установки очисника до горизонту та частотою обертання гофрощіткових барабанів. Роботу

експериментальної установки (рисунок 3.3) також забезпечує пульт керування 16, інвертор векторного керування марки СНЕ 100-2R2G-4 (поз. 17) та силовий електрощит 18.

Технологічний процес роботи очищувача протікає в такий спосіб. На початку роботи механізмом переміщення бічних барабанів встановлюють необхідний переріз робочої камери очищувача, механізмом нахилу рухомої рами встановлюють певний кут робочого нахилу

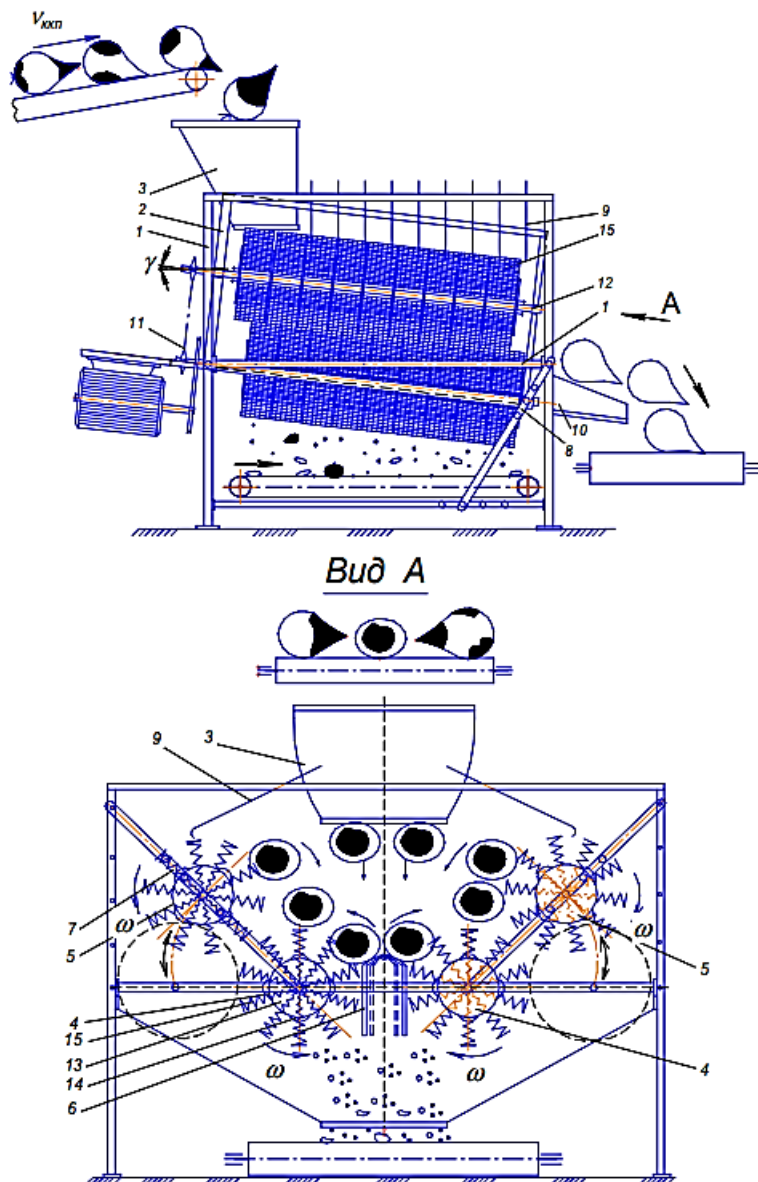


Рисунок 3.2 – Конструктивно – технологічна схема експериментальної установки камери очищувача до горизонту, регулюванням прямої заслінки.

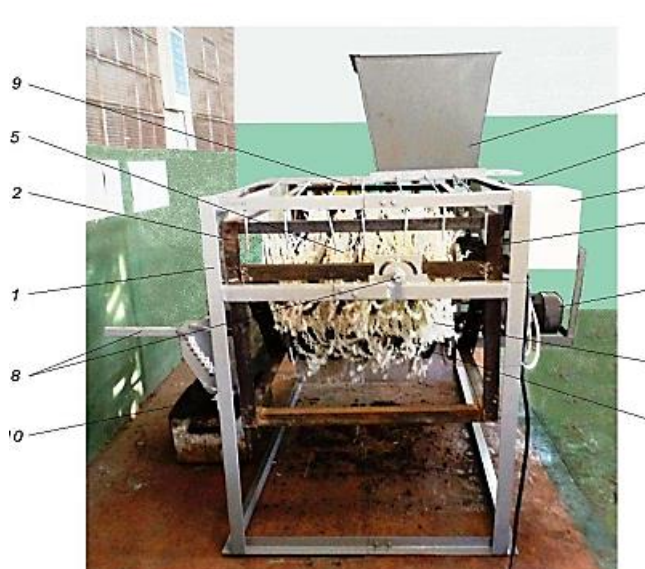
Встановлюють необхідний зазор між гофроцітковими барабанами. Частоту обертання барабанів регулюють за допомогою інвертора марки СНЕ

100-2R2G-4 та асинхронного електродвигуна АІР 90L4У3 потужністю 2,2 кВт (рис.3.4). Бічні (верхні) барабани наводяться в обертання ланцюговою передачею відцентральних (нижніх) барабанів. Ворохкоренеплодів, що подається на очищення, через завантажувальний бункер потрапляє в робочу камеру змінного перерізу на похилі обертові циліндричні гофрощіткові дискові барабани. Усередині робочої камери, зустрічаючись з барабанами і заслінкою, кормові корені здійснюють різноспрямований циклічний рух: спочатку переміщуються по поверхнях центральних (нижніх) барабанів, далі підхоплюються бічними (верхніми) барабанами і піднімаються ними на певну висоту до затемнених відбивачів, між собою. Обгумовані дискісепіптичними потовщеннями (рисунки 3.2-3.4) створюють додатковий динамічний вплив на кормові корені, переміщуючи їх у радіальному напрямку.

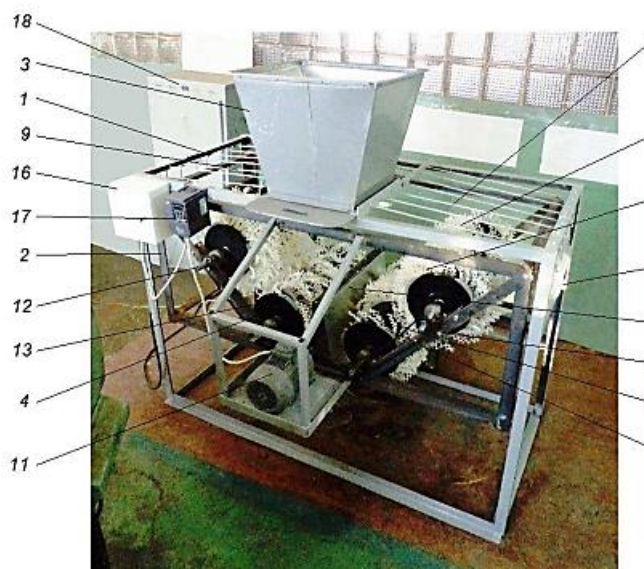
Взаємодіючи з гофрованим ворсом і дисками з потовщеннями, пов'язана з корінням ґрунт переходить у розряд вільної і, разом з іншими домішками, просіюється через зазори між барабанами на полотно брезентове або транспортер відведення домішок. Очищені кормові корені скочуються по вивантажуваному лотку на транспортер коренеплодів.

Досліди проводились у лабораторії сепарації сипких матеріалів Луганського державного університету ім. Тараса Шевченка. Викопані вручну коренеплоди кормового буряка загальною масою 250-300 кг зважувалися з точністю до ± 20 г на вагах РП-50 Ш13П-1 і доставлялися до місця проведення дослідів. Час між викопуванням коренеплодів та проведенням дослідів не перевищував 1 години. Для кожного досліду брали 15-25 коренеплодів буряка (навішення масою 30-40кг).

У цю наважку відбиралися найбільш брудні коренеплоди: їх забрудненість пов'язаним ґрунтом була 8-12%. Конструктивні елементи експериментальної установки представлені на рисунках 3.4 та 3.5.



а) вид з боку



б) вид спереду

Рисунок 3.3 – Вигляд загальної експериментальної установки

При надходженні на обробку відбиралися проби пов'язаної з коренеплодами ґрунту для визначення її вологості. Проби домішок на вологість відбирали чотириразової повторності з кожної серії дослідів. Причому спочатку досліди проводилися з коренеплодами, що мають найбільшу вологість зв'язаного ґрунту, в подальшому на очищення надходили навішування коренеплодів, що все більше підсохли на відкритому повітрі при постійному їх перевертанні вручну.



а) привід установки



б) пульт управління та інвертор



в) бункер установки



г) вивантажувальний лоток

Рисунок 3.4 – Конструктивні елементи експериментальної установки



а) регульована заслінка;



б) механізм нахилу барабанів.

Рисунок 3.5 – Заслінка та механізм нахилу експериментальної установки

Під час проведення експериментів коренеплоди з цієї навішування завантажувалися всередину очищувача при режимі його роботи, що встановився, одночасно фіксувався час дослід. У завантажувальний бункер додавалася також вільний ґрунт у кількості 10-15% до маси коренеплодів та соломисті домішки у кількості до 3%. Експериментальна установка налаштовувалась на відповідний режим роботи, згідно з планом експерименту. Контроль частоти обертання барабанів здійснювався за допомогою інвертора

векторного управління марки СНЕ 100-2R2G-4 з межами вимірювання 1-36000 об/хв і похибкою $\pm 0,1$ об/хв (рисунок 3.4, б і рисунок 3.5, б).

Очищені коренеплоди збиралися в спеціальну місткість зважувалися, потім їх ретельно відмивали і після стікання води протягом 3 - 5хв, знову зважували. З маси чистих (відмитих) коренеплодів при третьому зважуванні вчитали масу води, що пристала до коріння, у розмірі 1% від маси чистих коренеплодів [8, 11, 15] і визначалися ефективність очищення і залишкова забрудненість.

При визначенні втрат маси коренеплодів при очищенні, домішки, відокремлені очищувачем, пошкоджені коренеплоди та їх частини, збирали на брезент, що знаходиться під очисником. Бічні коріння та хвости діаметром до 10 мм відносили до інших домішок. Уламки коренеплодів із загальної маси домішок під очисником вибирали та зважували.

Коренеплоди витягувалися з робочого обсягу очищувача та зважувалися. Потім вони відмивалися вручну і знову зважувалися. За результатами зважувань визначалися показники ефективності роботи очищувача (Рис 3.6).



Рисунок 3.6 – Технологічна купа в робочому обсязі установки: 1 – каміння; 2 - регульована заслінка; 3 – грудки; 4 – коренеплоди буряків; 5 – заслінка; 6 – гофрощіткові барабани; 7 – привід; 8 - бункер

Визначення продуктивності гофрощіткового очисника проводили при режимі його роботи, що встановився. Потік очищених коренеплодів відсікався протягом щонайменше 1 хв, потім коренеплоди зважувалися і визначалася пропускна здатність пристрою.

3.2 Методика визначення механіко-технологічних властивостей коренеплодів з домішками

Нами було проведено дослідження щодо визначення розмірно-масового складу коренеплодів, кількості та вологості зв'язаного ґрунту, визначення коефіцієнтів тертя забруднених коренеплодів за різними видами поверхонь (сталь, гума, гофрований капроновий ворс).

Визначення розмірної характеристики окремих коренеплодів проводили шляхом виміру їх довжини і діаметра за найбільшим перерізом з точністю до ± 1 мм [70]. Вимірювання маси проводили за допомогою електронних ваг ТВЕ-6-0,1 з точністю до ± 1 г (рисунок 3.7, б).

При визначенні вологості ґрунт, відокремлену поверхні коренеплоду, поміщали в алюмінієвий стаканчик і зважували разом з ним на технічних вагах з точністю до $\pm 0,001$ г. Потім стаканчик поміщався в сушильну шафу і при $t = 105^\circ \text{C}$ витримувався протягом 5 год.

Для вивчення форми коренеплодів виконувались поздовжні розрізи по площинах симетрії окремих коренеплодів з наступним обведенням кожного розрізу та перенесення на міліметровий папір. На перетині намічались найбільш ймовірні осі інерції і проводилася апроксимація перерізів окремих коренеплодів з метою визначення форми коренеплодів і рівнянь.

Прийнято апроксимацію поверхні, при якій забезпечується найменше зі значень залишкової дисперсії координат, вважати найкращою. Вивчення мікрогеометрії поверхні коренеплодів проводили шляхом візуального виміру характерних розмірів (довжина, ширина, глибина) нерівностей та канавок спеціальною лінійкою та штангенциркулем з точністю до ± 1 мм (рисунок 3.6, б). Вимірювання маси зрізаних корінців, а також кількості ґрунту, видаленого вручну з канавок та міжкорінцевого простору виробляли на електронних вагах з точністю до ± 1 г.

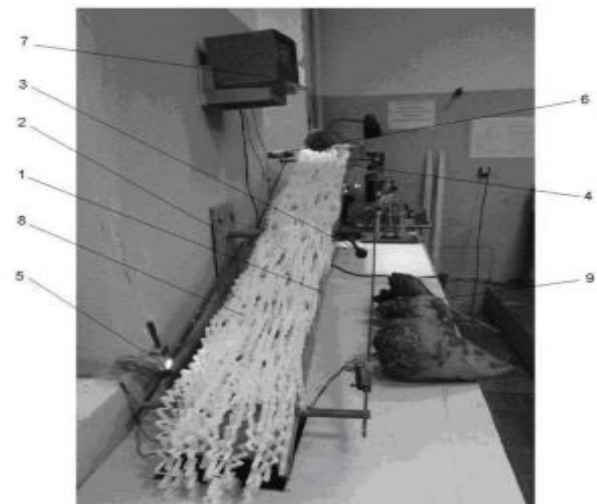
Визначення коефіцієнтів тертя ковзання забруднених коренеплодів проводили на трибометричній установці (рисунок 3.7). Трибометрична установка складається з платформи 1 з довжиною робочої поверхні 1,5 м та

шириною 0,2м. Платформа шарнірно з'єднана з нерухомою основою 2 за допомогою шарніра 3. Кут нахилу платформи можна змінювати від 0 до 60 °. Відлік кута нахилу платформи проводиться за шкалою 4. На бічній поверхні платформи встановлено два фоторелейні датчики 5 і 6, які можуть переставлятися вздовж її довжини. Датчики керують роботою секундоміра 7. На платформі закріплені шарнірно набори гофрованих смужок 8.

В експериментах визначали коефіцієнти тертя ковзання руху коренеплодів кормових і цукрових буряків по сталі, гумі та гофрованих смужках з капрону.



а) вид спереду: робоча поверхня – необроблена сталь



б) вид збоку: робоча поверхня – гофрополосна капронова щітка

Рисунок 3.7 – Загальний вид трибометричної установки для визначення коефіцієнтів тертя.

Швидкість переміщення коренеплодів 9 похилої площини підтримувалася постійною та рівною 0,4м/с. Точність показань електронного секундоміру $\pm 0,01$ с. До кожного коренеплоду досвід повторювали чотири рази.

При звичайних дослідженнях у техніці для знаходження впливу різних факторів достатня довірча ймовірність 0,7 - 0,9, а припустиму помилку можна прийняти рівною найбільшою можливою статистичної, тобто. у межах $\pm 3\sigma$.

Провівши перевірку адекватності, необхідно оцінити значимість коефіцієнтів регресії з допомогою t – критерію Стюдента [4, 7, 12, 28].

Для визначення тісноти зв'язку значення функції та аргументу, а також між аргументами, проводимо кореляційний аналіз [2, 8,13,17]. Визначаємо коефіцієнт кореляції R між величинами x .

3.3 Результати експериментальних досліджень процесу механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів

При створенні пристроїв механічного (безводного) очищення необхідно мати дані з механіко-технологічних властивостей коренеплодів як про об'єкти очищення. Дані цих авторів свідчать про те, що характеристики кормових коренів коливаються у межах залежно від сорту, ґрунтово-кліматичних умов, врожайності, агротехніки обробітку тощо. У зв'язку з цим для обґрунтування характеристик об'єктів дослідження проводилося вивчення деяких механіко-технологічних властивостей коренеплодів кормових буряків, результати дослідження характеристик коренеплодів представлені в таблиці 3.1 та на рисунках 3.8 та 3.9. З таблиці 3.2 і рисунка 3.8 і 3.9 можна зробити висновок, що виявлені розмірно-масові характеристики є типовими для коренеплодів даних сортів і добре узгоджуються з даними інших авторів. Отримані результати можуть бути використані як вихідні при проектуванні пристроїв механічного (безводного) очищення коренеплодів.

При вивченні мікрогеометрії поверхонь коренеплодів встановлено, що діапазон зміни глибини нерівностей (канавок та заглиблень) склав від 2,6 до 11,2 мм, маса ґрунту в нерівностях і корінцях в середньому склала від 0,02 до 0,05 кг (2,2-4,6% до маси коренеплоду).

Маса корінців на коренеплодах у середньому становила 0,008-0,019 кг (1,2-2,3% до маси коренеплоду); маса рослинних залишків у середньому становила 0,011-0,026 кг. Загальна забрудненість коренеплодів цукрових буряків налиплими домішками практично у всіх випадках більша, ніж коріння кормового буряка (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Механіко-технологічні властивості коренеплодів

Показники	Кормовий буряк (врожайність 552 ц/га)				Цукровий буряк (врожайність 340 ц/га)			
	середнє значення	стандарт	середня похибка	точність	середнє значення	стандарт	середня похибка	точність
Діаметр, м	0,1	0,03	0,003	3,3	0,07	0,02	0,003	3,6
Довжина, м	0,2	0,02	0,002	1,03	0,2	0,06	0,007	3,4
Маса, кг	1,38	0,5	0,05	3,9	0,4	0,2	0,02	5,7
Маса ґрунту в нерівностях і корінцях, кг	0,05	0,02	0,002	4,4	0,02	0,1	0,001	5,2
Маса корінців на корені, кг	0,02	0,01	0,001	6,3	0,008	0,4	0,0004	5,3
Маса рослинних залишків на корені, кг	0,026	0,01	0,001	4,2	0,01	0,02	0,0006	5,6
Глибина нерівностей та канавок, мм	4,9	1,3	0,13	2,6	7,3	0,008	0,4	5,5

Встановлено, що кормовий буряк має більш гладку поверхню, а пов'язаний ґрунт рівномірно розподілений по частині поверхні коренеплоду, що заглиблюється в землю, – 1/3-1/2 його довжини (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Форма коренеплодів кормового буряка та характер розподілу налиплих домішок.

Наявність у цукрових буряків більш розвиненої кореневої системи призводить до того, що основна частина зв'язаного ґрунту зосереджена на корневих відростках і в міжкорінцевому просторі: кількість цих домішок може

досягати 90-95% від загальної маси забруднень, що налипли (рисунок 3.12). Загальна ж початкова забрудненість налиплими домішками для коренеплодів кормового буряка склала в середньому 7-10%, для цукрових буряків - 3-15%, а вологість домішок, що налипли, була, відповідно, 8-12% і 10-19%.

При вивченні форми коренеплодів встановлено, що коренеплоди кормових буряків мають мішкоподібну форму, яку можна апроксимувати циліндром з двома усіченими конусами, що примикають великими підставами до торців циліндра з віссю обертання, що збігається з поздовжньою віссю коренеплоду.



Рисунок 3.9 – Форма коренеплодів цукрових буряків та характер розподілу налиплих домішок.

Коренеплоди цукрових буряків мають конічну форму, яку можна апроксимувати конусом з напівсферою, що примикає до його більшої основи (рисунок 3.9).

В експериментах також, на спеціальній трибометричній установці (рисунок 3.4), визначалися коефіцієнти тертя ковзання спокою забруднених коренеплодів кормових та цукрових буряків по необробленій сталі, гумі та плоскій похилій щітковій поверхні, утвореній гофрованими капроновими смужками. Швидкість переміщення підтримувалася постійною та рівною 0,4 м/с. Результати визначення коефіцієнтів тертя наведені в таблиці 3.2. Для забруднених коренеплодів кормових і цукрових буряків значення коефіцієнта тертя ковзання по гофрованих капронових смужках коливалося від 1,2 до 1,7.

Це пояснюється тим, що входи в взаємодії швидкоплідами гофрована щіткова поверхня відчуває великі пружні деформації.

Таблиця 3.2 - Коефіцієнти тертя ковзання спокою коренеплодів по різних поверхнях

Вид поверхні тертя	Коренеплоди	
	кормовий буряк	цукровий буряк
Необроблена сталь	0,58	0,65
Гума	0,77	0,86
Гофросмужна капронова щітка	1,47	1,56

Коренеплоди, що очищаються, не тільки деформують її, але і утворюють в ній розриви, що зникають одночасно з припиненням контакту між корінням та щіткою. Сили пружності zdeформованих гофросмужок збільшують силу тертя, викликану нормальним тиском від ваги коренеплодів, що лежать вище, протидіють їх ковзанню по поверхні очищення і створюють більший сумарний опір руху, ніж при ковзанні коренеплоду по матеріалу гофрополосок. Крім того, для коренеплодів кормових та цукрових буряків спостерігається збільшення коефіцієнта тертя ковзання по необробленій сталі, відповідно, від 0,5 до 0,6 та від 0,6 до 0,7 при зменшенні маси коренеплоду [8, 14].

При виборі матеріалу гофрополосного ворсу та його розмірів нами враховувався низку показників, основними з яких були такі:

а) згинальна жорсткість $H = EJ$ і відносна жорсткість $H_{отн} = EJ / l_g$ (де l_g - довжина гофрополоски), що визначають необхідну силу взаємодії гофрополосного ворсу з поверхнями очищення за умов зчесування налиплих домішок;

б) мінімум величини радіальної деформації ворсу; в) зносостійкість;

г) стабільність фізико-механічних властивостей ворсу за зміни температури, вологості та інших зовнішніх впливів;

д) копіювання можливих нерівностей поверхонь, що очищаються; е) якісне очищення поверхонь коренеплодів.

На лабораторній установці нами були визначені нормальні зусилля P_N жорсткодеформованих гофрополосок, що обертаються, різних геометричних

розмірів з капрону, еластану і гуми (рисунок 3.10). Лінійна швидкість ковзання гофрополоски по поверхні циліндра з тензодатчиками склала 1-6м/с, час контакту гофрополоски з одиничним тензодатчиком становило 0,002-0,006с залежно від її кутової швидкості та розташування тензодатчика на циліндрі (4).

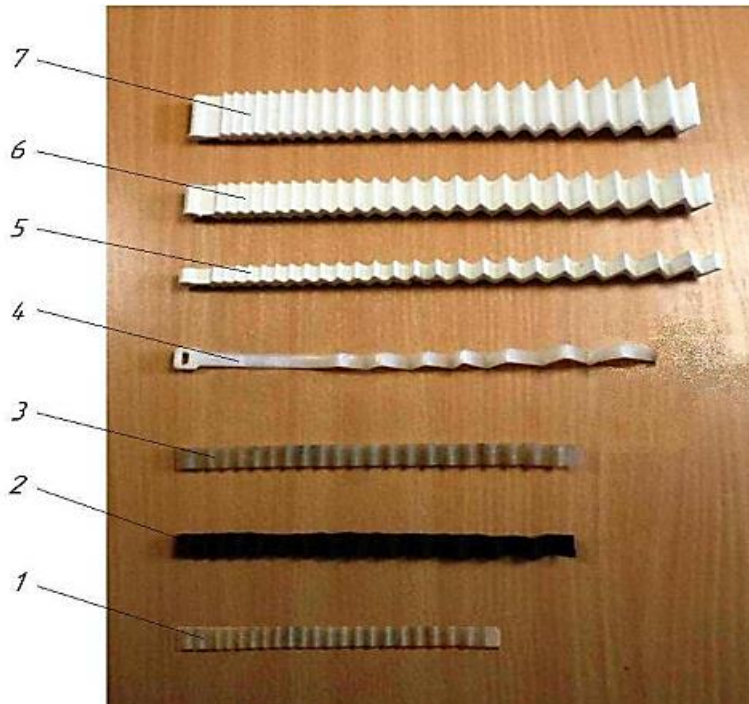


Рисунок 3.10. Види досліджуваного гофрополосного ворсу: 1 - $L_g = 160$ мм (капрон); 2 - $L_g = 200$ мм (резина); 3 - $L_g = 200$ мм (капрон); 4 - $L_g = 240$ мм, (капрон); 5 - $L_g = 280$ мм, $b = 15$ мм (еластан); 6 - $L_g = 280$ мм, $b = 25$ мм (еластан); 7 - $L_g = 280$ мм, $b = 35$ мм (еластан)

Аналіз залежності сили нормального тиску від швидкості ковзання гофрополоски по поверхні очищення показує, що при достатній для зчісування налиплих домішок (налиплий ґрунт, рослинні залишки) силі $P_N = 10-12$ Н раціональні конструктивні параметри гофрованих смужок знаходяться в межах: довжина гофрополоски $L_g = 200-240$ мм, ширина 15 мм, товщина $\delta = 1,5-3$ мм, кут гофрування $\gamma = 40-45^\circ$, матеріал - капрон, довжина бокової сторони гофра 20-30мм. 2 мм і шириною менше 5 мм, гофрополоски з кутами гофрування, близькими до 90° , через відносно низьку згинальну жорсткість, за інших постійних умов, створюють питомі тиску, недостатні для руйнування і зчісування налиплих домішок з поверхонь очищення. Підвищення сил нормального тиску на поверхню очищення може бути досягнуто збільшенням

моменту інерції гофрополос, зменшенням кута гофрування гофрополос, підвищенням їх жорсткості (використанням капрону та еластану як матеріал гофрополос), зміною кінематичних режимів роботи установки. Подальше збільшення товщини (понад 3мм), ширини (понад 15мм), кута гофрування (понад 60°) капронових смуг недоцільно, по-перше, через неприпустиме підвищення жорсткості і, як наслідок, зниження величини радіальної деформації гофрополосного ворсу очисних гофр смужок, що знаходяться в контакті, до мінімуму); по-друге, збільшення площі контакту гофросмужок із поверхнею очищення призводить до зменшення місцевих питомих тисків, тобто. до зниження ефективності зчісування. Крім того, зі збільшенням їх товщини виникає небезпека підвищеного зносу гофрополосок, що також визначає правомірність наведених вище результатів. При необхідній величині радіальної деформації $\Delta R = 30-50\text{мм}$ (мінімум 3-5 очисних гофру одиничної смужки в контакті) гофровані капронові смужки для очищення коренеплодів повинні бути не коротшими за 200 мм. 110 За результатами проведених експериментів нами було розроблено технічна документація та виготовлена прес-форма для отримання гофрованих смужок криволінійної форми «пильчатого профілю» термічним способом з обґрунтованими розмірами [9, 19, (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Вигляд загальних прес-форм для виготовлення гофроштіткових смужок термічним способом: 1 – верхня частина прес-форми; 2 – основа прес-форми; 3 – фіксатори; 4 – гофровані смужки.

На підставі попередніх лабораторних досліджень були обрані наступні параметри гофроштіткових робочих органів очищувача: матеріал гофрованих

смужок-капрон, формагофрощітки-циліндрична, діаметр сердечника щітки – 80-100 мм, зовнішній діаметр гофрощіткового барабана – 400- 600 мм, товщина і ширина 1,5- 3 мм і 5- 10 мм, кут гофрування смужок – 40- 45 °, тип кріплення гофросмужок до сердечника - шарнірний, вільна довжина гофросмужок в неупругодеформованому стані – 200- 240 мм, швидкість ковзання гофросмужок по поверхні 5 м/с, діаметр і крок розташування опорних дисків по довжині барабану, відповідно, 200- 300 мм і 80- 160 мм, висота і кількість 111 еліптичних потовщень на дисках, відповідно, 0-30 мм та 2-4 шт, зазор між гофрощітковими барабанами та заслінкою – 0-50 мм, щільність набору гофросмужного ворсу – 0,08-0,25 шт/см².

З урахуванням наведених вище даних, задавшись продуктивністю 5-7 т/год, був виготовлений дослідний зразок гофрощіткового очищувача (рисунок 3.12) з наступними конструктивними параметрами: довжина робочої частини - 1,5 м; кількість гофрощіткових барабанів – 4 шт; діаметр гофрощіткового барабана – 500 мм; кут нахилу очисника до горизонту – до 15°; кут підйому бічних барабанів - до 60 °; кількість регульованих заслінок – 1-3 шт.

У ході лабораторних досліджень дослідного зразка визначався вплив частоти обертання гофрощіткових барабанів та щільності набору гофрополосного ворсу на ефективність очищення коренеплодів. Досліди проводили з кожним типом гофрощіткових барабанів на п'яти швидкісних режимах в інтервалі зміни частот 1046- 314 с⁻¹.

З отриманих даних (рисунок 3.13 і 3.14) видно, що зі збільшенням частоти обертання барабанів (ω_b) і щільності набору гофрополосного ворсу (p) ефективність очищення коренеплодів (E) зростає - це пояснюється збільшенням інтенсивності впливу робочих елементів на оброблювані поверхні коренеплодів і підвищення поверхні коренеплодів відцентрових сил та взаємодії їх один з одним.

У ході дослідів визначався вплив висоти еліптичних потовщень (h_y) та їх кількості на дисках (n_y) на ефективність очищення коренеплодів від налиплих домішок (рисунок 3.14).

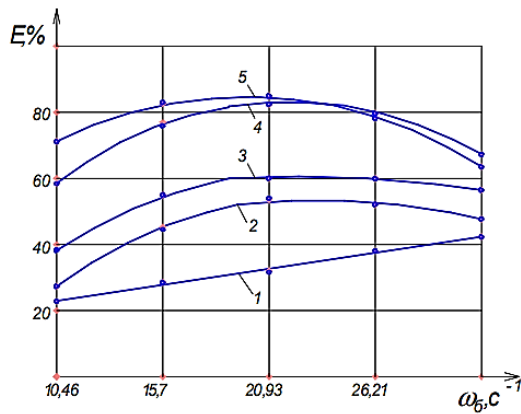


Рисунок 3.12 – Залежність ефективності очищення коренеплодів від частоти обертання гофроціткових барабанів ($z_b = 4$ шт): 1 – $p = 0,08$ шт/см²; 2 – $p = 0,12$ шт/см²; 3 – $p = 0,16$ шт/см²; 4 – $p = 0,2$ шт/см²; 5 – $p = 0,24$ шт/см²

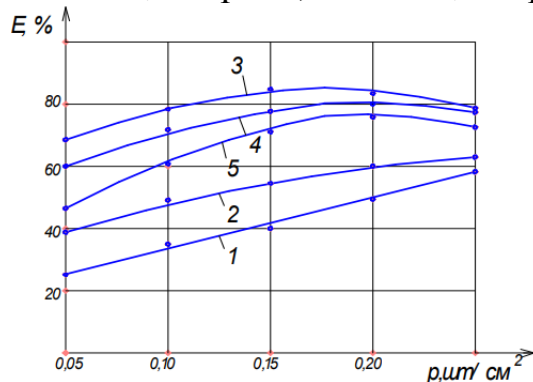


Рисунок 3.13 – Залежність ефективності очищення коренеплодів від щільності набору гофросмужного ворсу: 1 – $\omega_b = 10,46$ с⁻¹; 2 – $\omega_b = 15,7$ с⁻¹; 3 – $\omega_b = 20,93$ с⁻¹; 4 – $\omega_b = 26,2$ с⁻¹; 5 – $\omega_b = 31,4$ с⁻¹

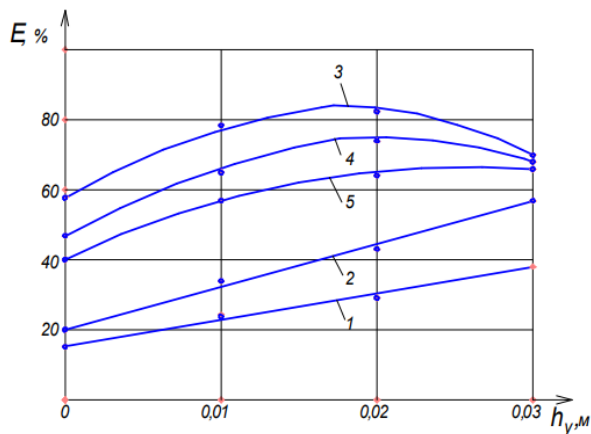


Рисунок 3.14 – Залежність ефективності очищення коренеплодів від висоти еліптичних потовщень на дисках при ($n_y = 2$ шт): 1 – $\omega_b = 10,46$ с⁻¹; 2 – $\omega_b = 15,7$ с⁻¹; 3 – $\omega_b = 20,93$ с⁻¹; 4 – $\omega_b = 26,2$ с⁻¹; 5 – $\omega_b = 31,4$ с⁻¹.

У цьому використовувалися еліптичні потовщення різної висоти (від 0 до 0,03 м). З отриманих даних видно, що зі збільшенням висоти еліптичних потовщень та зростанням частоти обертання гофроціткових барабанів показник

ефективності очищення E коренеплодів зростає. Виявлена закономірність пояснюється тим, що в даному випадку зростає кількість зіткнень коренеплодів великої та середньої фракції про еліптичні потовщення на дисках, а також їх швидкість та сила. За рахунок зростаючих динамічних навантажень і збільшення тертя коренеплодів об диски та потовщення на них, пов'язана ґрунт частково переходить у розряд вільної і просівається в зазори між дисками і ворсом гофрополосним, тобто. ефективність очищення підвищується. Однак при збільшенні кутової швидкості обертання до $20,93 \text{ с}^{-1}$ та збільшенні кількості потовщень на кожному диску до 4, за інших рівних умов, та зростанні висоти потовщень до $0,025 \text{ м}$ спостерігається деяке зниження ефективності очищення коренеплодів. Дане явище пояснюється зниженням тривалості та числа контактів коренеплодів з дисками та гофросмужним ворсом, внаслідок збільшених ударних навантажень, підкидають коренеплоди певну висоту, тобто. незважаючи на збільшені силу та швидкість зіткнень, ефективність очищення знижується. При збільшенні кутової швидкості обертання барабанів з $20,93$ до $31,4 \text{ с}^{-1}$ спостерігається зниження ефективності очищення коренеплодів з 68 до 63% при двох гофрощіткових барабанах, з 65 до 54% при трьох і з 79 до 58% при чотирьох барабанах (Рисунок 3.15) та величині кута підйому бічних барабанів $\alpha_b = 60^\circ$. Характер впливу кількості гофрощіткових барабанів та кута підйому бічних барабанів на показник ефективності очищення (рисунок 3.19) аналогічний впливу частоти обертання барабанів, але інтенсивність його змін у цьому випадку невелика.

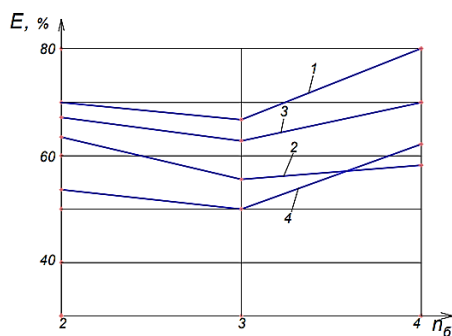


Рисунок 3.15 - Залежність ефективності очищення коренеплодів від кількості гофрощіткових барабанів при $n_y = 3$, $h_y = 0,025 \text{ м}$: 1 - $\omega_b = 20,93 \text{ с}^{-1}$, $\alpha_b = 60^\circ$; 2 - $\omega_b = 31,4 \text{ с}^{-1}$, $\alpha_b = 60^\circ$; 3 - $\omega_b = 20,93 \text{ с}^{-1}$, $\alpha_b = 40^\circ$; 4 - $\omega_b = 31,4 \text{ с}^{-1}$, $\alpha_b = 40^\circ$.

Пояснюється це тим, що різноспрямований рух коренеплодів від середини до країв здійснюється одночасно не більше ніж по двох гофрощіткових барабанах з наступним вільним скочуванням вниз до регульованої заслінки. Нормована продуктивність установки та загальна кількість гофрощіткових барабанів та величина кута підйому бічних барабанів мають великий вплив, т.к. обсяг транспортованої маси всередині очищувача безпосередньо залежить від числа робочих органів та їхнього взаємного розташування.

За результатами аналізу встановлено, що раціональна кутова швидкість обертання гофрощіткових барабанів не повинна перевищувати $20,93 \text{ с}^{-1}$ ($n = 200 \text{ об/хв}$), кількість гофрощіткових барабанів повинна бути парною, кратною двом і розташовуватися вони повинні симетрично щодо зони очищення з кутами підйому барабанів не більше $40-60^\circ$.

У процесі експериментальних досліджень була встановлена найвигідніша довжина гофрощіткових барабанів залежно від кута їх нахилу до горизонту (рисунок 3.16). Було встановлено, що при малих кутах нахилу ($1-3^\circ$) коренеплоди, що обробляються, досить швидко просуваються вздовж барабанів, є тенденція до звантажування і явно не буде забезпечуватися необхідна продуктивність пристрою. При збільшенні кута нахилу гофрощіткових барабанів до горизонту з 12 до 15° кількість відокремлюваних налиплих і вільних домішок зменшується на $20 - 30\%$, що пояснюється збільшенням швидкості проходження коренеплодів по гофрощіткових барабанах, зменшенням часу контакту гофрополосками щіток. При кутах нахилу $6-10^\circ$ необхідний ступінь очищення досягається при довжині гофрощіткових барабанів $L \leq 1,5 \text{ м}$, причому на першому півметрі виділяється майже дві третини від загальної кількості домішок, що налипли (до 80%), а також солома, рослинні залишки, черешки, дрібні тверді домішки (грудки, каміння) розміром $30 \times 30 \times 30 \text{ мм}$ при зазорі між ними $s = 30 \text{ мм}$. На другому півметрі виділяються домішки, що залишилися (до 16%) і на третьому до 5% . Крім того встановлено, що збільшення кута нахилу гофрощіткових барабанів до

горизонту призводить до інтенсивного збільшення продуктивності, так при збільшенні кута нахилу від 1 до 10° відбувається підвищення продуктивності пристрою більш ніж утричі.

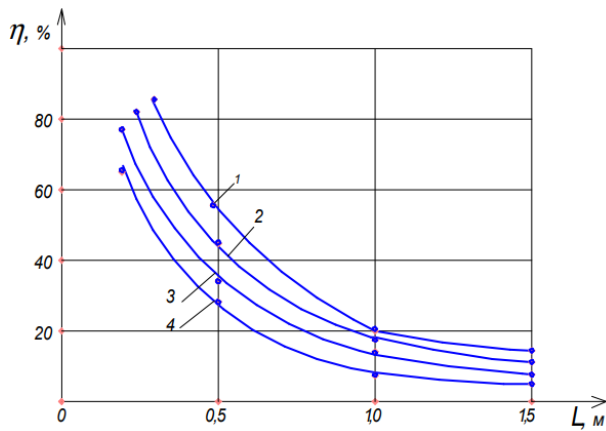


Рисунок 3.16 – Розподіл виділених домішок η по довжині тракту очищення залежно від кута нахилу барабанів α_b : 1 - $\alpha_b = 6^\circ$; 2 - $\alpha_b = 8^\circ$; 3 - $\alpha_b = 10^\circ$; 4 - $\alpha_b = 12^\circ$

При середньому показнику ефективності очищення загалом у пристрої $E = 85\%$ при вибраній довжині гофроціткових барабанів $L \leq 1,5$ м залишкова забрудненість коренеплодів становить трохи більше 3% при початковій $8-10\%$. Це відповідає вимогам до забрудненості кормових коренеплодів і одночасно забезпечує необхідну продуктивність очищувача.

Як показали експериментальні дослідження, показник ефективності очищення зі зростанням зазору між гофроцітковими барабанами і регульованою заслінкою змінюється незначно. Однак на всіх режимах роботи пристрою, при збільшенні зазору s поряд з підвищенням кількості вільних домішок, що відокремлюються (камені, грудки, черешки бадилля) досить інтенсивно зростає кількість неправильно відокремлених (провалилися) коренеплодів, тобто. зростають втрати коренеплодів, що очищаються (рисунок 3.17).

Необхідно також зазначити, що зміна діаметра опорних дисків та кроку їх розміщення по довжині гофроціткових барабанів незначно впливають на ефективність очищення коренеплодів від домішок, що налипли. Однак із збільшенням діаметра опорних дисків з 200 до 300 мм та зменшення кроку їх

розміщення на валах барабанів зі 160 до 80 мм, втрати коренеплодів середньої та великої фракції при очищенні зменшуються на 3-5%.

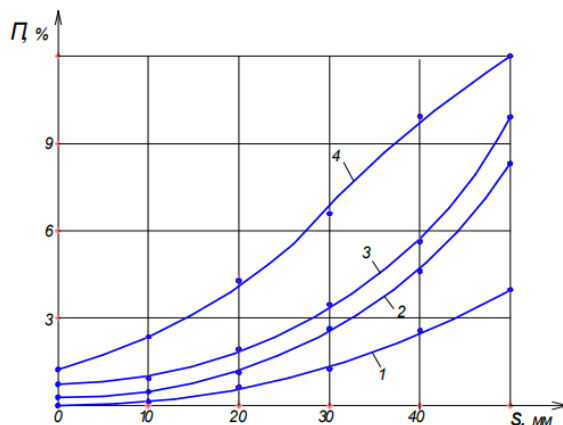


Рисунок 3.17 - Залежність втрат коренеплодів Π при очищенні від величини зазору s : 1 - $\gamma = 10^\circ$, $\omega = 20,93 \text{ с-1}$; 2 - $\gamma = 6^\circ$, $\omega = 20,93 \text{ с-1}$; 3 - $\gamma = 10^\circ$, $\omega = 10,46 \text{ с-1}$; 4 - $\gamma = 6^\circ$, $\omega = 10,46 \text{ с-1}$;

Таким чином, за результатами аналізу встановлено, що раціональні величини зазору між гофрощітковими барабанами та заслінкою не повинні перевищувати 30 мм, діаметра опорних дисків – не більше 300 мм, кроку їх розміщення по довжині барабана – не більше 80-100 мм.

Раціональної величини діаметра гофрощіткового барабана, що складається з подвоєної довжини гофрополоски і діаметра сердечника між ними, не встановлено, але необхідно відзначити, що зі зростанням діаметра від 400 до 500 мм ефективність очищення, за інших рівних умов, збільшується із 76 до 80%. Раціональна величина діаметра гофрощіткового барабана має бути не менше 500 мм.

Оптимізація конструктивно-режимних характеристик гофрощіткового очисника кормових коренеплодів. Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень

Відповідно до програми досліджень, що передбачає вивчення робочого процесу гофрощіткового очисника кормових коренеплодів шляхом побудови його математичних моделей за ефективністю очищення та питомої енергоємності, були проведені експериментальні дослідження згідно методики планування багатофакторного експерименту. При цьому експеримент

розбивається на ряд самостійних етапів, першим з яких є експерименти, що відсівають, з метою виявлення тих факторів, які істотно не впливають на параметри оптимізації.

На підставі аналізу наукової літератури пошукових експериментальних досліджень обрані наступні фактори та інтервали їх варіювання:

- частота обертання гофроціткових барабанів (X1) - 10,46 - 20,93 с-1; -
- Діаметр гофроціткових барабанів (X2) - 0,4 - 0,6 м;
- довжина очищувача (X3) - 0,5 - 1,5 м;
- висота еліптичних потовщень на дисках (X4) - 0 - 0,02 м;
- зазор між гофроцітковими барабанами та заслінкою (X5) – 0-0,05 м; -
- кут нахилу очисника до горизонту (X6) – 6-12°;
- кут підйому бічних гофроціткових барабанів (X7) - 30 - 60 °.

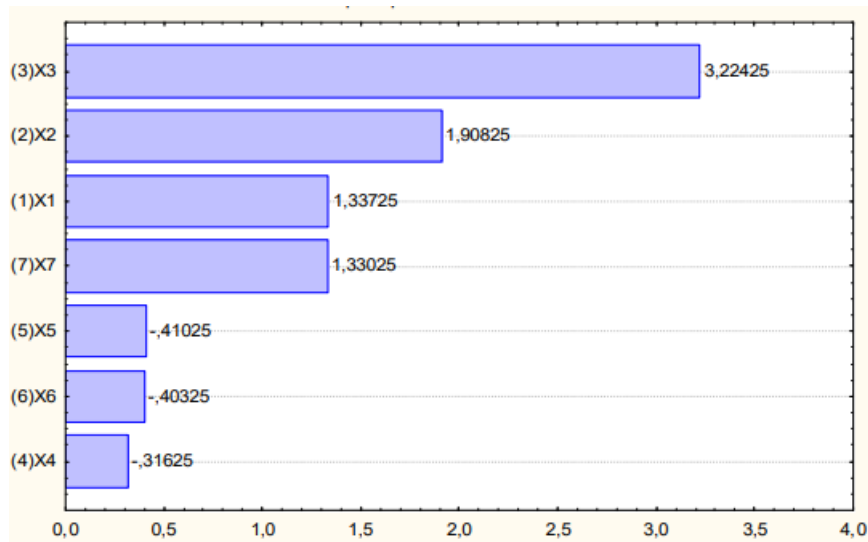
Перед проведенням дослідів побудувала матрицю планування відсіюючих експериментів.

Досліди проводилися на експериментальній установці у лабораторії сепарації сипких матеріалів Луганського національного університету імені Тараса Шевченка Як сировину використовувалися коренеплоди кормових і цукрових буряків. Тип забруднюючого ґрунту – чорнозем. Початкова забрудненість зв'язаним і вільним ґрунтом склала 9-13%, вологість налиплих домішок 14-16%, забрудненість рослинними домішками до 3%.

Для проведення відсівних експериментів і виділення істотних ефектів факторів нами використані насичені плани Плакетта і Бермана, що є дворівневими планами, утворені методом циклічних зрушень, в яких кількість дослідів дорівнює кількості досліджуваних ефектів [28, с. 264]. Уся інформація в таких планах використовується для оцінки параметрів, не залишаючи ступенів волі для оцінки ефекту помилок дисперсійного аналізу. Це дозволяє оцінити мінливість випадкових ефектів та тестувати оцінки параметрів на статистичну значимість [2, 8, 13, 17].

Результати обробки експериментальних даних представлені в вигляді діаграм ефектів факторів (рисунок 3.18).

Карта Парето ефекти; Змін.: Y 1 7 факторний відсіювання. план



Оцінка ефекту (абсолютне значення)

Рисунок 3.18 – Діаграма ефектів факторів, що впливають на показник ефективності очищення Y1 %

Після отримання експериментальних даних у відсіювальних експериментах проводилася їх обробка за допомогою прикладної програми STATISTICA.

Експериментальне відсіювання факторів показало, що на показник ефективності E очищення (залишкової забрудненості коренеплодів) та питому енергоємність процесу очищення U найбільшою мірою впливають частота обертання гофрощіткових барабанів ($X1$), діаметр гофрощіткових барабанів ($X2$) та висота робочої еліптичних потовщень на дисках ($X4$). Було виявлено також, що на величину втрат Π коренеплодів при очищенні істотно впливає також і зазор між барабанами і заслінкою (фактор $X5$) (див. додаток Е). Фактори $X6$ та $X7$ (кут нахилу очищувача до горизонту та кут підйому бічних барабанів відповідно) істотного впливу на якість очищення та питому енергоємність процесу очищення не надають. Було ухвалено рішення кут нахилу очищувача прийняти постійним $\gamma = 12^\circ$ (верхній рівень фактора), а кут підйому бічних барабанів прийняти.

Відповідно до загальної постановки завдання після експериментального відсіювання факторів необхідно визначити оптимальні умови протікання

досліджуваного процесу. При відшуканні області оптимуму найбільш поширеним є метод крутого сходження по поверхні відгуку, що передбачає отримання лінійної моделі виду: $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots$

Після прийняття гіпотези про однорідність дисперсій, були підраховані коефіцієнти рівнянь регресії і складені математичні моделі процесу очищення в закодованому вигляді, що враховують також значні парні взаємодії факторів.

Наступним етапом є перевірка адекватності отриманих математичних моделей на лінійність за допомогою критерію Фішера, який є відношенням дисперсії адекватності до дисперсії помилки досліду. Обчислений критерій Фішера для показників ефективності очищення та питомої енергоємності виявився рівним, відповідно, $F_{Y1} = 1,065$; $F_{Y2} = 2,561$. Табличне значення критерію Фішера з рівнем значущості $p = 5\%$ для числа ступенів свободи чисельника $f_1 = N - n - 1 = 8 - 4 - 1 = 3$ і знаменника $f_2 = N (k - 1) = 8 (4-1) = 24$ составило $F_{таб} = 3$. Так як $F_{Y1} < F_{таб} (f_1, f_2)$, можна було б стверджувати, що лінійне наближення адекватно, а показник ефективності очищення можна досить точно описати отриманим лінійним рівнянням регресії без парних взаємодій. Для питомої енергоємності $F_{Y2} < F_{таб} (f_1, f_2)$, але значні коефіцієнти парних взаємодій.

Для досягнення області оптимуму основного параметра оптимізації – показника ефективності очищення – проводимо круте сходження з урахуванням коефіцієнтів рівняння. Як одиничний крок було обрано зміну частоти обертання барабана на 1,05 с⁻¹. Розмір одиничного кроку по іншим факторам приймалася пропорційної величині кроку фактора X_1 . Так як визначалися параметри області оптимуму, що відповідають максимальній величині ефективності очищення, кроковий процес руху здійснювався без зміни знаків. Матриця планування та програма крутого сходження поверхнею відгуку для показника питомої енергоємності Y_2 наведено у додатку I. Для показника оптимізації Y_2 знаки округлених кроків змінювалися на зворотні.

Аналізуючи результати експерименту, можна дійти невтішного висновку, що його центр обрано правильно і знаходиться в околиці області оптимуму.

Для вивчення та опису області оптимуму було реалізовано майже ротатабельний трирівневий план Бокса – Бенкіна другого порядку, у якому переважають у всіх рядках плану деякі чинники перебувають у нульових рівнях. Даний тип плану більш економічний за кількістю запланованих дослідів і має позитивні властивості інших ортогональних і ротатабельних планів

Адекватність отриманих математичних моделей другого порядку досліджуваному процесу перевірялася за критерієм.

При вивченні гофрошліткового очищувача як об'єкта дослідження виникає необхідність в одночасному розгляді двох параметрів оптимізації: показника ефективності очищення Y_1 і питомої енергоємності Y_2 . І тут необхідно рішення компромісної завдання, т.к. на екстремум однієї поверхні відгуку накладаються обмеження іншими поверхнями відгуку [9, 12, 15].

Як відомо, компромісні завдання в основному вирішують двома відомими способами: графічним – за допомогою двовимірних перерізів та аналітичним – за допомогою невизначених множників Лагранжа. Однак, рішення компромісної задачі даними методами, з одночасним розглядом трьох і більше критеріїв оптимізації, стає трудомістким і занадто громіздким.

Таблиця 3.3 – Специфікація перетворених значень показників оптимізації

№	Найменування показника оптимізації	Нижній рівень		Середній рівень		Високий рівень		Кривизна	
		значення	бажане	значення	бажане	значення	бажане	нижня	верхня
1	Показник ефективності очищення, %	78,519	0,00	83,148	0,50	87,77	1,00	1,0	1,0
2	Питома енергоємність очищення, кВтч/т	0,140	1,00	0,3345	0,50	0,529	0,00	1,0	1,0

3.4 Аналіз результатів експериментальних досліджень гофрошліткового очищувача кормових коренеплодів

Після визначення координат оптимуму, тобто. центру фігури з оптимальним співвідношенням факторів, проводимо контрольні дослід в дворазовій повторності в центрі з метою визначення відносної похибки опису

процесу механічного (безводного) очищення та перевірки збігу розрахункових даних з експериментальними.

Для першого дослідження значення параметрів оптимізації склали: показника ефективності очищення $E = 87,76\%$ та питомої енергоємності процесу $Y = 0,3033$ кВтг/т. Для другого дослідження відповідно $E = 88,27\%$, $Y = 0,3082$ кВтг/т

Область екстремуму (для функції загальної бажаності J) детально вивчалася методом двовимірних перерізів (рисунки 4.5-4.8). В результаті програмного розрахунку отримали серії кривих рівного виходу, які дають можливість розглянути вплив кожної пари факторів на функцію загальної бажаності результату J .

На рисунку 3.19 представлено двовимірне переріз, що характеризує функцію загальної бажаності результату J залежно від частоти обертання (X_1) та діаметра барабанів (X_2) при нульовому значенні інших факторів. Значення координат центру поверхні дорівнюють $\omega = 15,695$ с⁻¹ і $D = 0,42$ м.

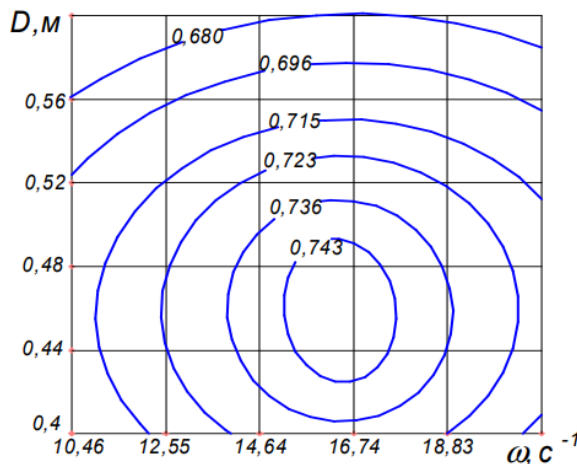


Рисунок 3.19 – Двовимірний переріз поверхні відгуку впливу частоти обертання та діаметра барабанів на функцію загальної бажаності J

Функція загальної бажаності у цій точці дорівнює $J = 0,74284$, а показники оптимізації у цій точці, відповідно, рівні: показник ефективності очищення $E = 85,63\%$, питома енергоємність очищення $Y = 0,29047$ кВтг/т. З рис. 4.5 видно, що оптимальні значення факторів можуть перебувати в межах $\omega = 14,65-17,79$ с⁻¹, $D = 0,4-0,46$ м. Зменшення або збільшення цих меж веде до зниження функції загальної бажаності (узагальненого параметра оптимізації),

що для фактора X_1 пояснюється впливом кінематичного режиму руху матеріалу, що обробляється. При низькій частоті обертання барабанів гофросмужні робочі елементи недостатньо пружні, внаслідок чого не забезпечується інтенсивна дія на налиплі з поверхнями коренеплодів забруднення. При високій частоті обертання барабанів коренеплоди починають підстрибувати від впливу потовщень на дисках, хаотично рухатися і перебувати певну частину часу у вільному падінні, що також веде до зниження ефективності очищення.

Зі збільшенням діаметра гофрощіткових барабанів знижується відносна жорсткість гофрополосного щіткового ворсу та його сила на поверхні коренеплодів. Це призводить до зниження ефективності очищення та підвищення питомої енергоємності під час очищення.

Аналогічним чином були побудовані інші перерізи, що мають найбільш практичне значення та представлені на рисунках 3.20-3.22.

Зі збільшенням довжини очищувача спостерігається зростання ефективності, питомої енергоємності та втрат коренеплодів при очищенні. Це пояснюється збільшенням часу знаходження та, відповідно, тривалості обробки коренеплодів на гофрощіткових поверхнях барабанів.

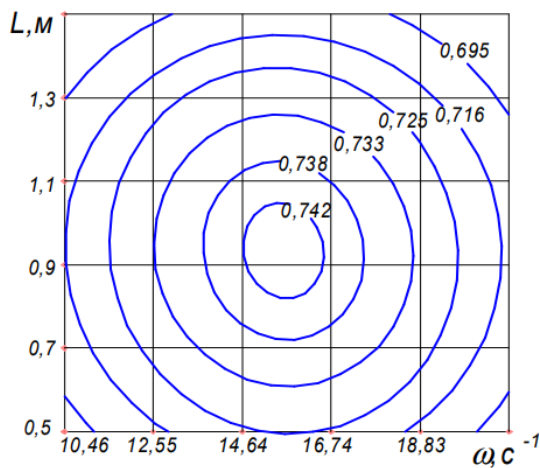


Рисунок 3.20 – Двовимірний переріз поверхні відгуку впливу частоти обертання та довжини барабанів на функцію загальної бажаності J

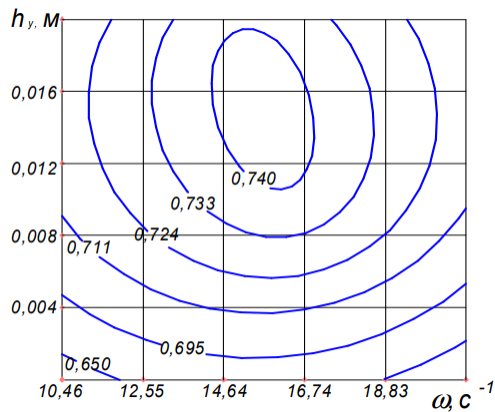


Рисунок 3.21 – Двовимірний переріз поверхні відгуку впливу частоти обертання та висоти потовщення на дисках на функцію бажаності J

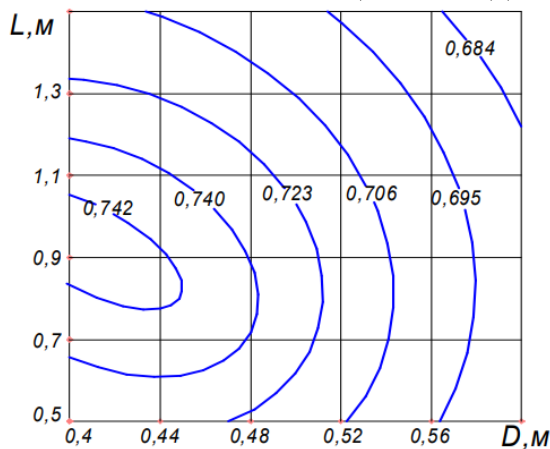


Рисунок 3.22 – Двовимірний переріз поверхні відгуку впливу діаметра та довжини барабанів на функцію загальної бажаності J.

Збільшення ефективності очищення зі збільшенням факторів X_1 (частоти обертання барабанів) і X_4 (висоти потовщень на дисках) пояснюється більш інтенсивним впливом еліптичних потовщень на дисках на коренеплоди і домішки, що налипли з їх поверхнями.

Аналіз двовимірних перерізів на рисунках 3.20-3.22 показує, що оптимальним значенням частоти обертання барабанів є: $\omega = 14,95 - 17,79 \text{ c}^{-1}$; діаметра барабанів $D = 0,4 - 0,46 \text{ м}$; довжини барабанів $L = 0,7 - 1,1 \text{ м}$. Висота еліптичних потовщень на дисках повинна бути в межах $h = 0,012 - 0,018 \text{ м}$.

Значення оптимальних кінематичних параметрів гофроціткового очищувача вважатимуться усередненими, т.к. при проведенні дослідів не враховували зміни вологості домішок та ступеня їх забрудненості.

3.5 Дослідження впливу забрудненості та вологості домішок на ефективність очищення кормових коренеплодів

Вплив даних факторів визначали при оптимальних значеннях кінематичних та конструктивних параметрів гофрощіткового очисника кормових коренеплодів.

З урахуванням того, що при випробуваннях очищувача середня забрудненість зв'язаним ґрунтом для коренеплодів кормового та цукрового буряків значно відрізнялася як за дослідями, так і окремими коренеплодами, був проведений аналіз залежності ефективності очищення E від початкової забрудненості н.з. При вивченні впливу початкової забрудненості вологість домішок становила для цукрових буряків 3-30%, кормових буряків 10-18%, забрудненість коренеплодів зв'язаним ґрунтом становила, відповідно, 2,5-15% та 1,2-10%. Загальна забрудненість становила для цукрових буряків 6,5-28,8%, для кормових буряків 4,8-23,5% до загальної маси коренеплодів.

Досліди показали, що зростання початкової забрудненості буряків веде до підвищення ефективності очищення (рисунок 3.23). Це пояснюється тим, що в першу чергу видаляється ґрунт, що має меншу міцність зв'язки з поверхнями коренеплодів і поза канавок, тріщин і міжкорінцевого простору.

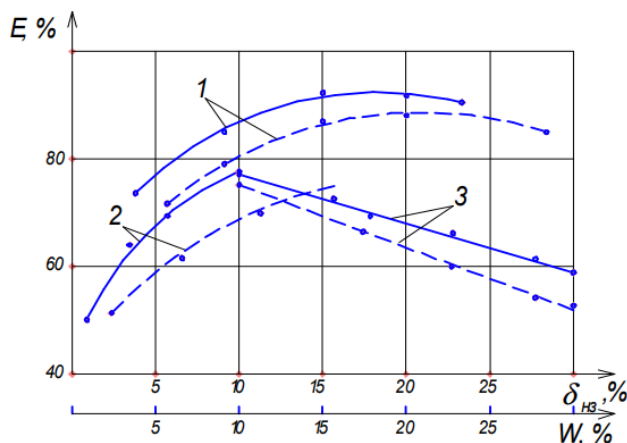


Рисунок 3.23 – Залежність ефективності очищення кормової (—) та цукрових (-----) буряків від початкової забрудненості загальної (1), пов'язаного ґрунтом (2) та вологості зв'язаного ґрунту (3) при оптимальних параметрах очищувача

Забруднення, що знаходяться в нерівностях і тріщинах при механічному (безводному) очищенні важковіддільні. Оскільки при більш високій початковій

забрудненості збільшується в основному кількість легковідділеного вільного і зв'язаного ґрунту, ефективність очищення також зростатиме. Підвищена початкова забрудненість вільними домішками до 20 - 30% не істотно впливає на якість роботи гофрощіткового очищувача коренеплодів. Дрібні та середні тверді домішки, рослинні рештки, солома під час проведення всіх дослідів відокремлювалися повністю.

Ефективність очищення коренеплодів кормового буряка в середньому становила 85-87%, а залишкова забрудненість не перевищувала 1%.

Ефективність очищення коренеплодів цукрових буряків у середньому становила 80-82,5%, при середніх значеннях залишкової забрудненості 2,81%, що відповідає зоотехнічним вимогам до підготовки коренів до згодовування сільськогосподарським тваринам.

Досвідами щодо визначення впливу вологості налиплих домішок на ефективність очищення коренеплодів встановлено, що зі збільшенням вологості зв'язаного ґрунту з 10 до 30% ефективність очищення знижувалася з 78 до 56%. Це зумовлено тим, що при збільшенні вологості ґрунтові окремість обволікаються водною плівкою, що сприяє збільшенню зчеплення ґрунту з коренеплодними поверхнями. За даними А.В. Дервіша [165, 174] ґрунтова волога починає виконувати функцію мастила при вологості землі 32-35%. При надходженні ж коренеплодів зі сховища на обробку вологість пов'язаного з ними ґрунту не перевищує 30% [102, 111, 161, 167, 188]. Тому досліди проводилися при зміні вологості зв'язаного ґрунту у зазначених межах (до 30%).

3.6 Порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень

У ході теоретичних досліджень процесу механічного (безводного) очищення коренеплодів в гофрощітковому очищувачі встановлено і запропоновано ряд аналітичних залежностей для визначення конструктивних і кінематичних параметрів даного пристрою.

Теоретичними дослідженнями встановлено, що необхідна довжина очищувача (L) залежить від його продуктивності (M), часу обробки

коренеплодів (τ) та ступеня заповнення (ϕ) робочого об'єму очищувача. Для розробки практичних рекомендацій щодо використання залежностей $L = f(\tau)$ та $M = f(\tau)$ були проведені дослідження щодо визначення ефективності очищення від тривалості обробки коренеплодів (рисунок 3.24).

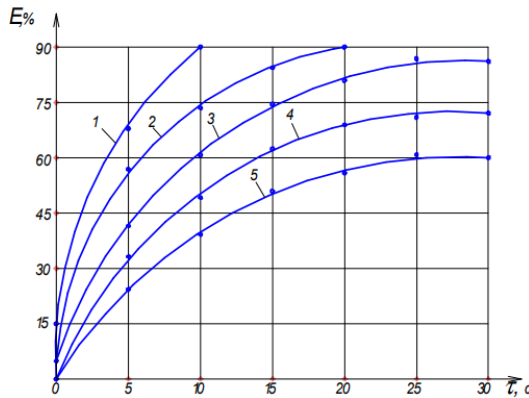


Рисунок 3.24 – Ефективність очищення коренеплодів буряків залежно від тривалості їх обробки: 1 – вільний ґрунт та каміння (при зазорі між барабанами $s = 30$ мм та забрудненості до 15%); 2 – пов'язаний ґрунт; 3 – рослинні рештки при зазорі $s = 30$ мм; 4 – рослинні залишки при зазорі $s = 0$ мм; 5 – вільний ґрунт та каміння при зазорі $s = 0$ мм.

З рисунка 3.24 видно, що на початку обробки спостерігається інтенсивне зростання ефективності очищення, а потім він уповільнюється. При часі обробки $\tau = 20-25$ з досягається гарна якість очищення коренеплодів ($E = 70-78\%$) від зв'язаного ґрунту, а вільні домішки відокремлюються майже повністю ($E = 85-87\%$). Цим значенням тривалості обробки коренеплодів слід користуватися в практичних розрахунках.

На ефективну роботу гофрощіткового очищувача значно впливає кутова швидкість обертання та довжина барабанів. Приймавши кут підйому бічних барабанів α /град залежно визначаємо довжину барабанів $L = 0,6716$ м. Збільшенням довжини барабанів ефективність очищення збільшується, але збільшуються також питома енергоємність процесу та втрати коренеплодів при очищенні. Відповідно до результатів експериментальних досліджень оптимальним значенням даного параметра є $L = 0,80019$ м. Тоді коефіцієнт, що враховує зміну площі перерізу оброблюваного матеріалу внаслідок нахилу гофрощіткового очищувача до горизонту в залежностях (2.18) і (2.20) дорівнює

$k_0 = 0,6013/9$. Очищення коренеплодів від зв'язаного ґрунту здійснюється за виконання умови (2.13): $\omega_{\min} \leq \omega < \omega_{\max}$. При оптимальному значенні діаметра гофрощіткових барабанів $D = 0,42$ м і мінімальної окружної швидкості обертання $v_{\min} = 2,61$ м/с [1, 3, 7, 15], при якій починають руйнуватися налипли ґрунтові окремість, маємо $\omega_{\min} = 12,46$ с⁻¹. Згідно з результатами експериментальних досліджень оптимальним значенням даного параметра є $\omega = 16,186$ с⁻¹.

Максимальне допустиме значення кутової швидкості $\omega_{\max}$ визначається чисельним рішенням залежності (2.8) при $N = 0$. Приймавши масу одиничного коренеплоду $m = 2$ кг, кількість шарів коренеплодів у робочому об'ємі очищувача $n = 3$, силу тиску вищих шарів

коренеплодів, відповідно, $P_3 = 79$ Н, кут нахилу очищувача до горизонту $\gamma = 9^\circ$, залежно від (2.14) значення $\omega_{\max} = 23,374$ с⁻¹. Порівнюючи оптимальне значення ω , отримане в результаті експериментальних досліджень з теоретично розрахованими обмеженнями, неважко переконатися в адекватності дотримання умови $\omega_{\min} \leq \omega < \omega_{\max}$.

Теоретичне значення діаметра гофрощіткових барабанів при кількості шарів коренеплодів, що одночасно оброблюються, $n = 3$ середньої фракції $r = 0,1-0,12$ м і вугіллі підйому бічних барабанів $\mu = 45^\circ$ дорівнює $D \geq 0,27$ м. Оптимальним значенням даного параметра є $D = 0,4217$ м.

Теоретично необхідне значення висоти еліптичних потовщень на дисках дорівнює $h = 0,0172$ м при рівності діаметра дисків $d = 0,248$ м, середньому діаметрі коренеплодів $d_k = 0,08 - 0,1$ м, кутах тертя $\varphi_k = 22 - 35^\circ$ і відстані між дисками $s = 0,07$ м. Теоретичне значення h практично збігається з діапазоном оптимальних значень даного параметра, згідно з результатами експериментальних досліджень.

Експериментальна перевірка залежності продуктивності гофрощіткового очищувача від кута його нахилу до горизонту показала, що теоретичний вираз (2.18) дозволяє визначити цей параметр з точністю до 5% (Рисунок 3.25) при

прийнятих значеннях $k_0 = 0,9$; $\rho = 650 \text{ кг/м}^3$, $s_0 = 0,43 \text{ м}^2$; $\gamma = 9 - 12^\circ$; $R_{\text{щ}} = 0,21 \text{ м}$; $\mu = 45^\circ$; $R_d = 0,12 \text{ м}$.

Встановлене теоретичними дослідженнями значення потужності привод гофроціткового очищувача за виразом дорівнює $N = 2,5 \text{ кВт}$ при прийнятих значеннях продуктивності $M = 5 \text{ т/год}$, кількості гофроціткових барабанів $z = 4$, силі тиску коренеплодів вищележачих $P_3 = 79 \text{ Н}$, коефіцієнт опору руху коренеплодів $f = 1,49$, щільності набору гофросмужного ворсу $p = 0,18 \text{ шт/см}^2$ і осьової швидкості переміщення коренеплодів $v_l = 0,05 - 0,07 \text{ м / с}$. Експериментальна перевірка залежності споживаної потужності очищувача від його продуктивності (рисунк 3.26) і кутової швидкості обертання гофроціткових барабанів (Рисунок 3.27) показала, що значення теоретичним шляхом, що визначається теоретичним шляхом, значення потужності перевищує експериментальне на 5-7% при установці основних параметрів очищувача на них.

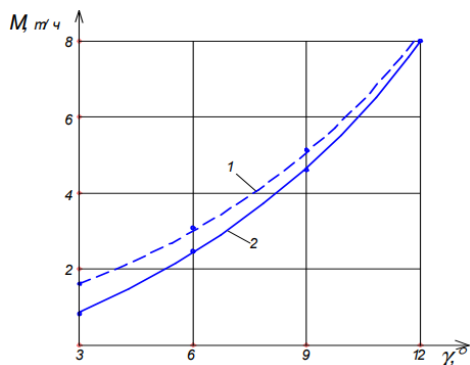


Рисунок 3.25 – Залежність продуктивності гофроціткового очищувача від кута його нахилу до горизонту: 1 – теоретична; 2 – по експериментальним даним N , кВт.

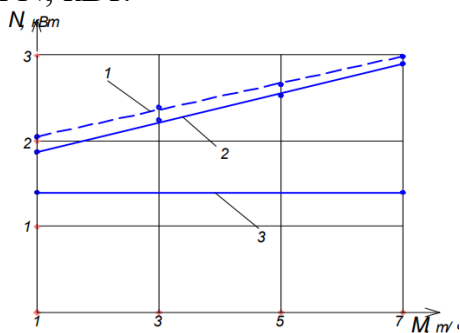


Рисунок 3.26 - Залежність споживаної потужності гофроцітковим очищувачем від його продуктивності: 1 – теоретична; 2 – під навантаженням; 3 – на холостому ходу.

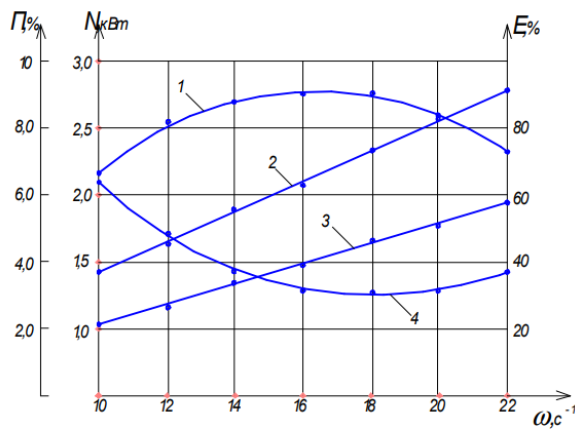


Рисунок 3.27 – Залежність ефективності очищення E (1), що споживається потужності N під навантаженням (2), потужності на холостому ході (3) і втрат коренеплодів при очищенні P (4) від кутової швидкості гофрощіткових барабанів. Таким чином, результати проведених експериментальних досліджень вказують на правильність висунутих теоретичних передумов. У сукупності вони можуть бути використані при складанні методики розрахунку основних параметрів фроштіткового очисника кормових коренеплодів.

3.7 Методика розрахунку параметрів гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів

В основу методики розрахунку покладено результати теоретичних та експериментальних досліджень, проведених відповідно до програми досліджень з дисертаційної роботи.

Вихідними даними для розрахунку параметрів очищувача є його продуктивність і видоброблюваних коренеплодів. Важливими параметрами гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів є діаметр і довжина гофрощіткових барабанів. Їх слід вибирати виходячи з умови забезпечення заданої продуктивності та найкращої очистки коренів, які повинні розташовуватися всередині робочого об'єму очищувача в 2-3 шари і займати $1/3$ його об'єму. Виконання цієї умови можливе, якщо кут підйому бічних барабанів дорівнюватиме $\mu = 40-50^\circ$.

Крок розташування опорних дисків t по довжині гофрощіткових барабанів визначається за умови мінімуму втрат коренеплодів середньої непрохідної фракції.

За результатами експериментальних досліджень оптимальне значення даного параметра становить $h = 0,01507$ м, мінімальна кількість еліптичних потовщень на одному диску має бути $m = 2$.

Оптимальним значенням довжини гофрощіткових барабанів, результатами розв'язання компромісної задачі є $L = 0,80019$ м.

- Мінімальна швидкість руйнування налиплих ґрунтових окремо, $v_{\min okr} = 2,61$ м/с;

Оптимальним значенням частоти обертання гофрощіткових барабанів, за результатами рішення компромісної задачі, є $\omega = 16,186$ с⁻¹. При симетричному розташуванні гофрощіткових барабанів щодо регульованої заслінки і парному їх кількості, кратному двом, з кутами підйому бічних барабанів $\mu = 40-50^\circ$ і кутами нахилу гофрощіткового очисника до горизонту $\gamma = 6-9^\circ$ досягається найбільший ефект.

Потужність, що споживається очищувачем, і його продуктивність можна визначити за наступними емпіричними залежностями:

A – емпіричний коефіцієнт, що враховує витрати енергії на переміщення коренеплодів у робочому обсязі очищувача та подолання тертя коренеплодів об гофросмужний ворс та опорні диски барабанів;

B – емпіричний коефіцієнт, що враховує витрати енергії на холостому ході очищувача;

D – емпіричний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу очищувача на ступінь заповнення його робочого об'єму;

F – емпіричний коефіцієнт, що враховує зміну площі перерізу матеріалу внаслідок підйому бічних барабанів.

Значення коефіцієнтів A , B , D , F та вільні члени визначені за допомогою лінійної апроксимації графічних залежностей (рисунки 3.25-3.27) за методом найменших приватних квадратів. Обчислення проводили за стандартною методикою з програмною реалізацією в середовищі математичного пакета MathCAD [1, 5, 9, с. 17]. Коефіцієнти дорівнювали $A = 0,2263$, $B = 0,0138$, $D = 0,581$ і $F = -0,008$. Перевірка отриманих лінійних моделей за критерієм

Стьюдента показала їхню адекватність експериментальним даним з 95%-ною ймовірністю.

На підставі отриманих лінійних залежностей побудуємо номограму для визначення параметрів гофроціткового очищувача коренеплодів (рис. 3.28) [9, 22]. Для цього виберемо сітчасту номограму з вирівняних точок із чотирма прямолінійними рівномірними шкалами з поєднанням по осі M [3, 7, с. 49]. Для даного типу номограм отримані лінійні моделі у формі Коші матимуть наступний канонічний вигляд: $f_1 = f_2 + f_3$ та $f_2 = f_4 + f_5$. Для нашого випадку $f_1 = N$; $f_2 = 0,2263M$; $f_3 = 0,0138\omega$; $f_4 = 0,581\gamma$ і $f_5 = -0,008\mu$. Змінні параметри варіюватимемо в таких межах: $\omega = 10-25 \text{ с}^{-1}$, $\gamma = 2-15^\circ$, $\mu = 30-70^\circ$. Визначимо граничні значення продуктивності $M_1 = 0,581 \cdot 2 - 0,008 \cdot 30 - 1,002 = 0 \text{ т/год}$, $M_2 = 0,581 \cdot 15 - 0,008 \cdot 70 - 1,002 = 7,2 \text{ т/год}$ та потужності $N_1 = 0,2263 \cdot 0 + 0,01 + 0,8761 = 1,014 \text{ кВт}$, $N_2 = 0,2263 \cdot 7,2 + 0,0138 \cdot 25 + 0,8761 = 2,85 \text{ кВт}$. Приймаємо довжину вертикальних шкал N і $l = 100 \text{ мм}$, для горизонтальних шкал M і $l = 80 \text{ мм}$. Рівняння шкал діаграми мають наступний вигляд: для шкали N - $N = \lambda_1(f_1 - a)$; для шкали M - $xM = \lambda_2(f_2 - b)$; для шкали ω - $x\omega = \lambda_3(f_3 - c)$; для шкали γ - $y\gamma = \lambda_4(f_4 - d)$. Визначимо модулі λ_1 , λ_2 , λ_3 та λ_4 із рівнянь шкал номограми.

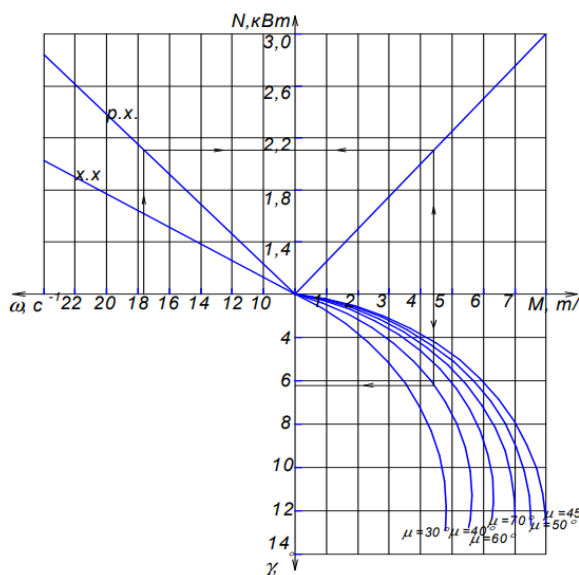


Рисунок 3.28 — Номограма для визначення конструктивних та кінематичних параметрів очищувача

Допустимо складові a , b , c і d дорівнюють нулю. Тоді маємо для шкали N : $100 = \lambda_1(N_{\max} - N_{\min}) = \lambda_1(2,85-1,014) = \lambda_1 \cdot 1,836$, звідки $\lambda_1 = 54,5$. Для шкали M : $80 = \lambda_2 [0,2263 (7,2-0)] = 1,63 \lambda_2$ або $\lambda_2 = 49,1$. Для шкали ω : $80 = \lambda_3(0,0138(25-10)) = 0,207 \lambda_3$ або $\lambda_3 = 386,5$. Для шкали γ : $100 = \lambda_4(0,581(15-2)) = 7,553 \lambda_4$ або $\lambda_4 = 13,2$. Тоді відповідні рівняння шкал мають вигляд: $N = 54,5N$; $xM = 49,1 \cdot 0,2263 \cdot M$; $x\omega = 386,5 \cdot 0,0138 \cdot \omega$; $y\gamma = 13,2 \cdot 0,581 \cdot \gamma$.

Приклад розрахунку параметрів гофроціткового очищувача кормових коренеплодів з використанням даної методики наведено у додатку М.

Висновки

1. У результаті експериментальних досліджень визначено оптимальні параметри гофроціткового очищувача кормових коренеплодів:

- кутова швидкість обертання гофроціткових барабанів $\omega = 16,186 \text{ с}^{-1}$;
- діаметр гофроціткових барабанів $D = 0,42168 \text{ м}$;
- довжина гофроціткових барабанів $L = 0,80019 \text{ м}$;
- висота еліптичних потовщень на дисках $h = 0,01507 \text{ м}$.

Раціональними параметрами гофроціткового очищувача кормових коренеплодів є: кут нахилу очищувача до горизонту $\gamma = 6-9^\circ$, кут підйому бічних барабанів $\mu = 40-50^\circ$, зазор між гофроцітковими барабанами та заслінкою $s = 0-30 \text{ мм}$, щільність набору го $0,15 - 0,2 \text{ шт / см}^2$, діаметр і крок розташування опорних дисків по довжині барабана, відповідно, $d = 0,25 - 0,26 \text{ м}$ і $t = 0,07 - 0,1 \text{ м}$. Отримані експериментальні дані відповідають результатам теоретичних досліджень, проведеним у другому розділі.

2. При оптимальних параметрах гофроціткового очисника найбільша ефективність очищення від усіх домішок склала $88 - 92\%$ для коренеплодів кормової та $84 - 86\%$ для цукрових буряків. Залишкова забрудненість в обох випадках не перевищувала 3% (при початковій забрудненості вільними домішками для кормових буряків $4,8-23,5\%$ та цукрових буряків $6,5-29\%$, пов'язаним ґрунтом для кормових буряків $1,2-10\%$ та цукрових буряків $2,5-15\%$,

вологість зв'язаного ґрунту 10-18%). Ефективність очищення від зв'язаного ґрунту склала 76-78% для кормових буряків і 72-74% для цукрових буряків.

3. Досить висока ефективність очищення, що відповідає зоотехнічним вимогам на підготовку коренеплодів до згодовування сільськогосподарським тваринам, досягається при тривалості обробки коренеплодів 20 - 25 с.

4. Потужність, що використовується гофрощітковим очисником, при встановленні його параметрів на оптимальні значення, становить 1,5 кВт на холостому ході і 2,2 кВт під навантаженням, а питома енергоємність процесу очищення знаходиться в межах 0,26 - 0,33 кВт-год/т.

5. На основі аналітичних та експериментальних досліджень розроблено методику розрахунку робочих параметрів очищувачів коренеплодів гофрощіткового типу. Отримані розрахункові дані використані при проектуванні дослідних зразків гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів.

6. Для перевірки адекватності отриманої в результаті теоретичних досліджень математичної моделі, що описує технологічний процес механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів від домішок, нами виготовлено достатню кількість лабораторних зразків робочих органів гофрощіткового очисника з різними геометричними розмірами;

7. Запропоновано методику експериментального визначення коефіцієнтів тертя ковзання спокою забруднених коренеплодів кормових та цукрових буряків по необробленій сталі, гумі та плоскій похилій щітковій поверхні, утвореній гофрованими капроновими смужками;

8. Встановлено, що сила взаємодії гофрованих капронових смужок з поверхнями очищення визначається матеріалом, розмірами поперечного перерізу гофросмужок, їх лінійною швидкістю ковзання, довжиною та радіальною деформацією;

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці.

Умови праці визначаються, в основному, станом повітряного середовища робочих приміщень. Значне місце серед шкідливих виробничих факторів займає контакт з водою, подразнюючими і токсичними речовинами.

Мікроклімат у приміщеннях молочно-товарних ферм залежить від призначення приміщення і характеру технологічного процесу. Приміщення, де утримуються тварини, не опалюються. Опалення обладнують у доїльних залах, профілакторії для телят, допоміжних та санітарно-побутових приміщеннях.

У корівниках при глибокій підстилці при зовнішній температурі -25°C і нижче за розрахункову приймають температуру $+10^{\circ}\text{C}$ і відносну вологість 75%. Поєднання низької температури, високої вологості і значної швидкості руху повітря сприяє переохолодженню організму.

Забруднення повітря в корівниках відбувається за рахунок накопичення двоокису вуглецю, аміаку та сірководню, які виділяються при розкладанні гною. Найбільша кількість газів буває в корівниках вранці в зимовий період, коли закриті всі віконні та дверні пройоми.

У процесі обслуговування тварин, у найбільшій мірі в корівниках та кормоцехах, працівника підлягають впливу ще двох шкідливих факторів повітряного середовища – пилу і мікробній (грибковій) забрудненості. У приміщеннях ферм підвищення концентрації пилу на робочих місцях спостерігається при роздачі сухих концентрованих кормів та прибиранні приміщень, у кормоцехах – при обробці і навантаженні в кормороздавачі грубих і сипучих кормів. Склад пилу не однорідний і не постійний. У ньому можуть бути частинки ґрунту, рослин, мінеральних добрив, пестициди, усі складові частини комбікормів, у тому числі і різні добавки (мікроелементи, вітаміни, антибіотики, гормони та ін.). Якісний склад пилу обумовлює ступінь її алергентності і при відповідних умовах може стати причиною розвитку алергічних захворювань у тваринників.

Прибирання приміщень, а також догляд за тваринами можуть обумовити зараження працівників такими інфекційними захворюваннями, як бруцельоз, туберкульоз, ящур та ін.

Мікрофлору тваринницьких приміщень складають гноєрідні коки, стафілококи, палички кишкової групи, плісняві гриби та інші. Джерелами бактеріального та грибкового забруднення повітря є корми та гній. Число мікробів в приміщеннях молочних комплексів і ферм коливається від десятків до сотень тисяч в 1м³ повітря, що більше норми.

Велике значення для праці робітників молочних ферм має достатня освітленість робочих місць та поверхонь. Ряд робіт по догляду за тваринами та отриманню молока відноситься до робіт середньої точності. Необхідно розрізняти дрібні деталі – забруднення вимені, деталі молочної апаратури і ін. У відповідності з галузевими нормами штучне освітлення при прив'язному та безприв'язному утриманні корів повинно складати 30 лк., в пологовому відділенні – 100лк. КПО повинен бути 0,5%. Під час доїння освітленість на вимені корови повинна складати 150 лк., а КПО – 0,7-0,9%.

4.2 Розробка організаційно-технічних заходів з охорони праці під час роздавання кормів

Кормоприготувальні машини в цеху треба встановлювати так, щоб технологічні проходи відповідали нормам

У кормоцехах, де розташовані коренемийки, мийки-подрібнювачі, влаштовують загальну і місцеву каналізацію, бетонують поли з похилом до відстійників, біля машин розмішують гумові килими або дерев'яні настили.

Приміщення, де встановлені кормодробарки, обладнують вентиляцією.

Робочі місця, розташовані від рівня підлоги на висоті понад 1 м, повинні мати бар'єри висотою не менше 1 м. Східці драбин і металеві площадки виконують із рифленої сталі.-

При обслуговуванні кормозапарників необхідно дотримувати таких вимог: чани щільно закривати кришками і обладнувати пристроєм для легкого їх відкривання; знімати кришку з чана, наповненого готовим продуктом, можна

після того, як буде закритий паровий кран чана; чани значної місткості і висоти обладнувати драбинами, перилами і огорожею люків; перед навантаженням запареного продукту конденсат з чана слід зливати через стічний отвір.

Для механізації транспортування і роздавання кормів використовують мобільні й стаціонарні роздавачі.

Перед в'їздом у приміщення необхідно переконатися, що поблизу немає людей, і сигналом попередити про рух машини.

Під час роботи кормороздавачів у кормових проходах забороняється перебувати людям.

Щоб запобігти отруєнню людей і тварин випускними газами від працюючого трактора, треба швидко роздати корм, вивести трактор із приміщення і провентилювати останнє.

При застосуванні норій, стрічкових транспортерів необхідно стежити за тим, щоб люки, натяжні пристрої були закриті захисними ґратами, кожухами, приводні станції транспортерів і норій огорожені, металеві частини – заземлені.

При експлуатації кормороздавачів, які рухаються по рейках у кормових проходах, необхідно також дотримувати правил техніки безпеки, стежити, щоб разом з кормом не потрапили металеві предмети, що можуть стати причиною аварії.

Корпуси електродвигунів і пускових апаратів, напрямні рейки надійно заземляють четвертою жилою кабелю-штори. Періодично перевіряють цілісність кабелю-штори, справність лотка для кабеля.

Електрострум подають у кабель-штору тільки на період роздавання кормів.

При пневмо-, гідророздачі кормів не можна допускати псування залишків корму в трубах^

При роздачі сипких кормів вимоги безпеки регламентуються ОСТ 463.113–81. (При завантаженні (розвантаженні) бункери, башти, силосні та інші місткості повинні бути закриті на замок.

Слід бути особливо обережними при очищенні каналів із щільними підлогами. Засмічені канали мають очищати два працівника. У місцях над каналом, де решітки тимчасово зняли, слід установити огороження.

При експлуатації гноєзбирального обладнання і транспортерів біля пускових кнопок гноєзбирального обладнання вішають таблички з попереджувальними написами: «Стороннім особам включати установку (транспортер) забороняється!», «При роботі з машиною будь обережним» та інші.

Забороняється виконувати ремонтні й регульовальні роботи, а також змащувати поворотні зірочки в період роботи транспортера.

Після монтажу пневмоустановку необхідно зареєструвати в органах Державного нагляду за охороною праці.

Під час видалення гною трактор з бульдозером має рухатися по проході прямолінійно зі швидкістю не більше 4–5 км/год. У проходах не повинно бути людей і тварин.

4.3 Моделювання виробничих небезпек.

Для покращення умов праці, приведення у відповідність технічного стану робочих місць та нормалізації параметрів виробничого середовища складається план заходів. Він повинен бути комплексним, всебічним та реальним, а хід його виконання постійно підлягати контролю з боку посадових осіб підприємства. Розробка заходів ведеться за трьома напрямками: організаційним, технічним, санітарно-гігієнічним, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження. За результатами виявлених у підрозділі недоліків 83 складемо перелік заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію їх наслідків та впливу на працівників.

Якщо стався нещасний випадок, а також при раптовому захворюванні необхідно:

- усунути дію на організм потерпілого небезпечних та шкідливих факторів, які загрожують його здоров'ю і життю;
- надати потерпілому домедичну допомогу, а в разі потреби викликати швидку медичну допомогу.

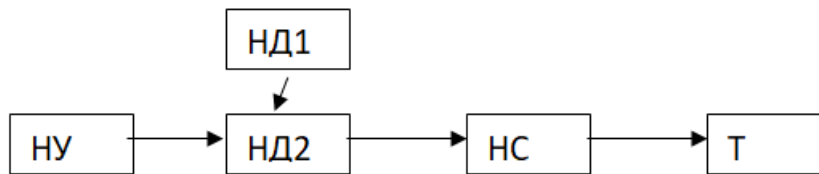


Рис. 4.1 Моделювання небезпечної ситуації під час роботи.

НУ – Невиділені частини механізмів які мають підвищену безпеку.

НД 1 – Розпізнавальні знаки погано розпізнаються;

НД 2 – Працівники близько знаходяться біля обертових деталей, що мають підвищену безпеку.

НС – Попадання частин одягу в механізми, що рухаються.

Т – Травма.

Висновки по розділу.

Для запобігання травмам, пов'язаним з роздавання кормів і транспортними операціями (травми механічного характеру), важливе значення має впровадження комплексної механізації та автоматизації.

Крім цього, керівники повинні знати, що зварювальні роботи належать до робіт підвищеної безпеки, виконання яких здійснюється роботодавцем на підставі декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань охорони праці. Декларація видається у встановленому порядку Головним управлінням Держпраці та її територіальними органами.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ГОФРОЩІТОВОГО ОЧИСНИКА КОРМОВИХ КОРЕНЕПОДІВ

5.1 Розрахунок техніко-економічної ефективності застосування гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів

Метою створення нових і вдосконалення існуючих конструкцій машин та пристроїв для механізації тваринництва є підвищення їх експлуатаційних ізоотехнічних показників, внаслідок чого виходить певний економічний ефект. Економічний ефект визначатиметься шляхом зіставлення витрат на виконання технологічного процесу або операції за допомогою новоствореної чи вдосконаленої машини та базового зразка.

Показники економічної ефективності розробленого очищувача визначалися згідно з даними експлуатаційних випробувань за методикою. Економічна ефективність використання гофрощіткового очисника визначена на основі діючих методик та нормативних документів.

Джерелом освіти економічного ефекту при роботі гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів у складі кормопідготовчого цеху, служить економія прісної води та електричної енергії, а також повернутий назад на поля ґрунт після механічного (безводного) очищення коренеплодів (родючий шар землі).

Розрахунок економічної ефективності будемо вести на прикладі типового кормоцеху КОРК-15-2 (шифр проекту ЖТК 3-01) продуктивністю 5-10т/год із застосуванням його для молочної ферми на 400 голів, в якому для гідромеханічного очищення коренеплодів використовують миття ІКМ-5.

За даними випробувань та практичних робіт на місцях миття-подрібнювач типу ІКМ-5 забезпечує номінальну продуктивність тільки на малозабруднених коренеплодах (3-6% домішок по масі), а зі збільшенням їхньої забрудненості до 20% продуктивність машини зменшується більш ніж у 2 рази. У розрахунках приймемо продуктивність мийки-подрібнювача та гофрощіткового очисника 5т/год.

При гідромеханічному очищенні коренеплодів підвищеної забрудненості (до 20% по масі) витрата води може становити 300 - 400л на кожну тону оброблених коренеплодів. З урахуванням річного обсягу оброблюваних коренеплодів $W_g = 1176\text{т}$ утворюється порядку $V_{gb} = 0,3 \cdot 1176 = 353\text{м}^3$ забруднених стоків

Зробимо грошову оцінку додаткового економічного ефекту від повернення сухого ґрунту (гумусу) на поля [7, 12, 17]. При мінімальному забрудненості коренеплодів (1% за масою) у нашому випадку на поля можна повернути 11,8 т гумусу, що еквівалентно 206930 МДж енергії або це еквівалентно 590 кг азоту, 295 кг фосфору, 707,5 кг1 калію та 4 к. У вартісному вираженні при тарифі 4,04 грн/кВт-год для підприємств у напівпіковий період, та співвідношенні $1\text{МДж} = 0,277\text{кВт-год}$, додатковий економічний ефект від повернення сухого ґрунту на поля дорівнює – 23157,2 грн.

Результати розрахунку економічної ефективності застосування гофрошліткового очищувача представлені в таблиці 5.2. У результаті розрахунку економічної ефективності використання нового гофрошліткового очищувача коренеплодів по відношенню до подрібнювача-камнеуловлювача-мийки ІКМ-5 річний економічний ефект складе 60898,4 грн. Термін окупності від впровадження розробленого очищувача у виробництво становитиме 0,41 року. При цьому питома економія експлуатаційних витрат, у порівнянні з базовим варіантом, складе 317,18 грн.

5.2 Рекомендації щодо використання гофрошліткового очищувача коренеплодів та впровадження його у виробництво

Одним із шляхів збільшення виробництва продукції тваринництва з одночасним зниженням її собівартості є більш раціональне використання в раціонах тварин коренеплодів, що мають високу кормовою цінністю і великою врожайністю.

Впровадженню цих кормів у практику перешкоджає відсутність простих технологій та технічних засобів для підготовки їх до згодовування.

Коренеплоди зазвичай забруднені землею, піском і можуть містити сторонні домішки (камені, шматки дерева, металу та ін.), тому перед згодовуванням тварин необхідно обов'язково очищати. Фактична забрудненість коренів після збирання може досягати 12 - 20% за масою і більше. Забрудненість після очищення, що допускається, повинна бути не більше 2-3%.

В результаті аналізу літературних джерел було встановлено перевагу гофрощіткового очищувача для механічної (безводної) очищення коренеплодів в порівнянні з іншими типами очищувачів. У процесі виконання дисертаційної роботи відмічено, що ефективність очищення коренеплодів від зв'язаного ґрунту залежить від інтенсивності дії робочих органів на коренеплоди.

З метою збільшення інтенсивності процесу механічної (безводної) очищення коренеплодів в очищувачі нами запропонована нова конструкція робочих органів у формі циліндричних обертових похило розташованих щіткових барабанів, що складаються з набору опорних дисків з еліптичними потовщеннями на них і криволінійного гофрополосного ворсу сепарації сипучих матеріалів Луганського національного університету імені Т. Шевченка нами було розроблено гофрощітковий очисник для механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів від вільних та налиплих домішок, а також встановлено його оптимальні кінематичні та конструктивні параметри.

Перевага розробленого гофрощіткового очисника полягає в тому, що за рахунок відповідної установки частоти та напрямки обертання гофрощіткових барабанів, кутів їх підйому та нахилу до горизонту, забезпечується складний циклічний рух коренеплодів усередині робочого об'єму очищувача. В результаті цього здійснюється інтенсивне очищення поверхонь коренеплодів від налипшого ґрунту і вільних домішок. За рахунок використання в конструкції гофрощіткового очищувача в якості робочих органів регульованої заслінки і попарно встановлених гофрощіткових барабанів, основу яких складають еластичні диски з додатковими еліптичними потовщеннями на них і набір гофрованих смуг або кривинної форми. . підвищується якість поверхневої очистки кормових коренеплодів сухим способом без застосування води.

Розроблений гофроцітковий очищувач коренеплодів може знайти застосування у господарствах різної форми власності:

- у фермерських господарствах як в окремому використанні на тваринницьких фермах, так і у складі потокової технологічної лінії підготовки коренів у спеціалізованих або комбінованих кормоприготувальних цехах, призначених для приготування багатокомпонентних кормосумішей безпосередньо перед згодовуванням сільськогосподарською твариною;

- у технологічних лініях стаціонарних сховищ коренів, вивантажувальні механізми яких зблоковані або не зблоковані з обладнанням кормоцехів;

- на мобільних машинах типу буряконавантажувача-очисника СПС-4,2А та причіпного підбирача-очисника ПНБВ-1,6 для підбирання валків коренеплодів кормових та цукрових буряків на полі, очищення їх від ґрунту, рослинних залишків і завантаження в транспортні засоби, що йдуть поруч.

Рекомендована схема використання гофроціткового очищувача лінії коренів кормоцеху КОРК-15-2 представлена на рисунку

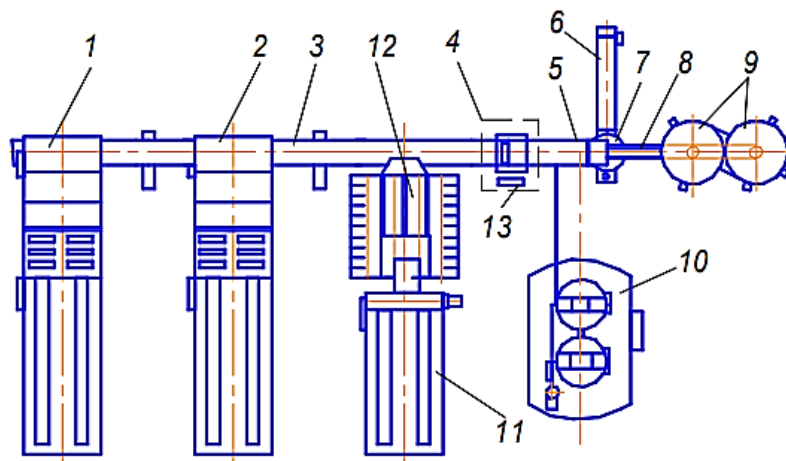


Рисунок 5.1 – Рекомендована схема використання гофроціткового очищувача в лінії підготовки коренів кормоцеху КОРК-15-2: 1,2 – живильники-дозатори грубих кормів та силосу; 3,5 – збірні стрічково-планчасті конвеєри; 4 – майданчик для обслуговування; 6 – вивантажувальний транспортер; 7 – подрібнювач-змішувач кормів ІБК-3; 8 – шнек; 9 – бункер-дозатор концентрованих кормів; 10 – установка для приготування та дозованої подачі поживних розчинів; 11 – бункер-живильник коренів ТК-5Б; 12 – гофроцітковий очисник коренеплодів; 13 – пульт управління

На рисунку 5.2 представлена рекомендована схема використання гофроціткового очищувача у складі технологічної лінії стаціонарного сховища коренів.

Дані схеми (рисунки 5.1-5.3) передбачають механічне очищення коренеплодів від сторонніх домішок без застосування води. Це дозволить знизити витрати ресурсів: води, електроенергії та паливно-мастильних матеріалів на транспортування забруднених коренів між полем, сховищем та кормоцехом і спростити конструкцію самого кормоцеху.

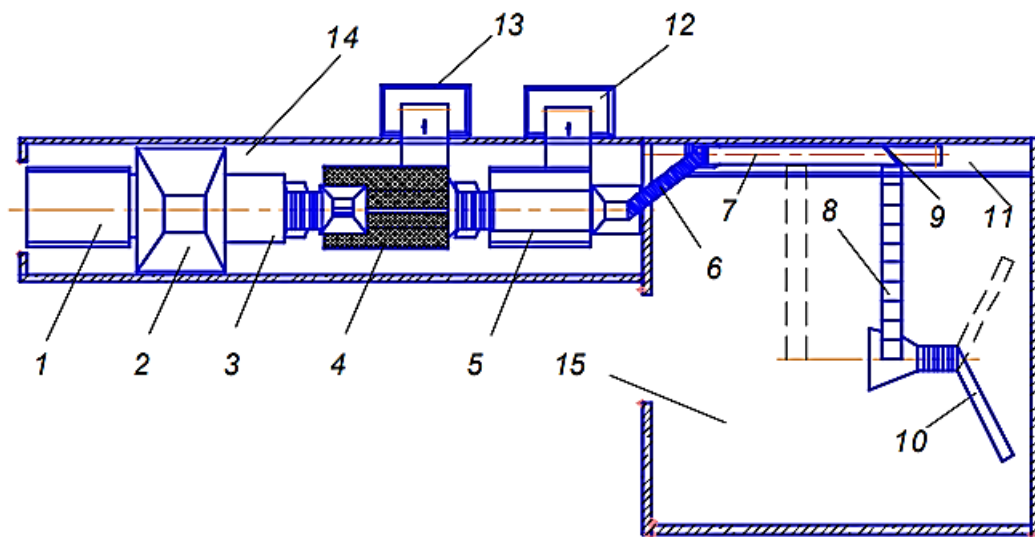


Рисунок 5.2 – Рекомендована схема використання гофроціткового очищувача у складі технологічної лінії стаціонарного сховища коренів: 1 – естакада; 2 – надставка до бункера; 3 – приймальний бункер; 4 – гофроцітковий очисник коренеплодів; 5 – перебірний стіл; 6, 7 – підйомний та горизонтальний транспортери; 8 – консольний транспортер; 9 – пристрій, що скидає; 10 – транспортер-завантажувач ТЗК-30А; 11 – бічний вентиляційний канал; 12 – бункер некондиційних коренів; 13 – бункер домішок; 14 – навіс; 15 – сховище

На рисунку 5.3 представлена схема використання гофроціткового очищувача на мобільному буряконавантажувачі-очиснику СПС-4,2А.

Рекомендовані оптимальні параметри гофроціткового очищувача кормових коренеплодів при використанні його у фермерських господарствах, кормоцехах та спеціалізованих сховищах:

- Частота обертання гофроціткових барабанів $\omega = 16,2 \text{ с}^{-1}$;
- Діаметр гофроціткових барабанів $D = 0,42 \text{ м}$;
- Довжина гофроціткових барабанів $L = 0,8 \text{ м}$;

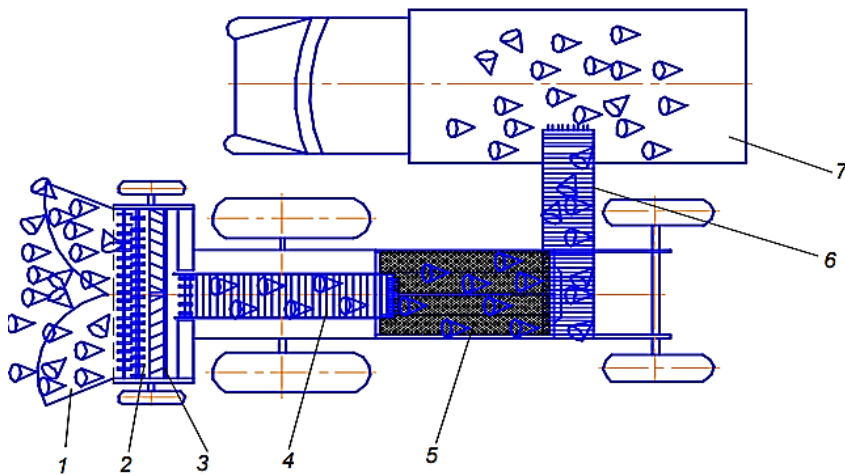


Рисунок 5.3 – Рекомендована схема використання гофроціткового очищувача на мобільному буряконавантажувачі-очиснику типу СПС-4,2А: 1 – підгрібальні щитки; 2 – кулачковий живильник; 3 – приймальний шнековий транспортер; 4 – поздовжній транспортер; 5 - гофроцітковий очисник коренеплодів; 6 – вивантажувальний елеватор; 7 – транспортний засіб

- Висота еліптичних потовщень на дисках $h = 0,015$ м; - Кут підйому бічних барабанів $\mu = 40 - 50^\circ$;
- Кут нахилу гофроціткових барабанів до горизонту $\gamma = 6 - 9^\circ$;
- зазор між гофроцітковими барабанами та заслінкою $s = 0-30$ мм.

Висновки

1. Техніко-економічні розрахунки показали, що при зіставленні витрат на виконання технологічного процесу очищення коренеплодів пропонованим гофроцітковим очищувачем і базовою машиною ІКМ-5, економічний ефект досягається за рахунок зниження питомих експлуатаційних витрат.

2. Застосування пропонованого гофроціткового очищувача коренеплодів дозволить отримати річний економічний ефект (з урахуванням економічного ефекту від економії води та повернення сухого ґрунту на поля) по відношенню до мийки-подрібнювача-камнеуловлювача ІКМ-5 608987,4 грн., при цьому термін окупності додатків вкладень становитиме 0,41 року;

3. Використання гофроціткового очищувача кормових коренеплодів дозволить зменшити питомі експлуатаційні витрати на 79,8%, знизити енергоємність та матеріаломісткість процесу очищення, відповідно, на 79 та 53,1%.

4. Розроблено рекомендації щодо використання гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів для фермерських господарств та сільськогосподарських підприємств, як в окремому використанні на тваринницьких фермах, так і у складі технологічної лінії підготовки коренів до згодовування в кормопідготовчих цехах, наобільних буряко-навантажувачах 1,6, а також у технологічних лініях стаціонарних сховищ коренів.

ВИСНОВКИ

1. Визначено шляхи підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до вигодовування сільськогосподарським тваринам. Для механічного (безводного) очищення кормових коренеплодів від домішньодоцільне застосування гофрощіткового очисника зі щітковими робочими елементами криволінійної форми «пилчастого» профілю.

3. Встановлені оптимальні параметри очищувача: частота обертання гофрощіткових барабанів $16,19 \text{ с}^{-1}$, діаметр гофрощіткових барабанів 0,42 м, довжина гофрощіткових барабанів 0,8 м, висота еліптичних потовщень на дисках 0,015 м. Раціональний кут нахилу, величина зазору між гофрощітковими барабанами та заслінкою 0-30 мм, щільність набору гофросмужного ворсу на барабанах 0,18 шт/см², раціональний діаметр та крок розташування опорних дисків по довжині барабана, відповідно, 0,255 м та 0,08 м.

Використання гофрощіткового очищувача коренеплодів забезпечує ефективність очищення від усіх домішок до 88-92% при початковій забрудненості пов'язаним ґрунтом 1,5-10 % та вільними домішками 5-20 , 169%. Найбільша ефективність очищення коренеплодів від зв'язаного ґрунту становила 76-78 %, при цьому залишкова забрудненість та втрати маси коренеплодів при очищенні не перевищують допустимих зоотехнічних вимог.

4. Проведено перевірку розробленого гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів у виробничих умовах. Виконаний техніко-економічний аналіз показує, що використання гофрощіткового очищувача в лінії обробки коренеплодів у складі кормоцеху КОРК-15-2 дозволить отримати річний економічний ефект у розмірі 60898,4 грн. Термін окупності від запровадження розробленого очисника у виробництво становитиме 0,41 року. При цьому питома економія експлуатаційних витрат, у порівнянні з базовим варіантом, становитиме 317,18 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Белєхов І.П. Механізація і автоматизація тваринницьких ферм і комплексів : навч. посібник / І.П. Белєхов, В.О. Лєсников. – К. : Освіта, 1993. – 240 с.
2. Бомба М. Високі врожаї кормової свекли – реальність / М. Бомба, І.Мартинюк // Пропозиція. – 2003. - №12. – С. 50 – 51.
3. Булгаков В.М. Робота барабанного очисника головок коренеплодів / В.М. Булгаков, І.В. Головач // Вісник аграрної науки : Механізація, електрифікація. – 2003. – № 1. – С. 56 – 61.
4. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К : Каравела, 2004. – С.451 – 474.
5. Гевко Р.Б. Вплив зони взаємодії робочого органу очисника на кутову швидкість обертання коренеплоду / Р.Б Гевко, І.Г. Тунік, С.В. Синій // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К. : НАУ. – 1997. – Т.2. – С. 28 – 31.
6. Карпов В.В. Визначення геометричних та кінематичних параметрів щіткового очисника – відокремлювача коренеплодів / В.В. Карпов, В.Е. Зубков // Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛДАУ, 1999. - № 40 (10). – С. 153 - 156.
7. Карпов В.В. Обґрунтування виду зв'язку відцентрових гірлянд відцентрово-фрикційного очищувача – відокремлювача / В.В. Карпов // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ : ЛНАУ, 2005. - № 49 (72). – С. 129 - 132.
8. Карпов В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів / В.В. Карпов // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ : ЛНАУ, 2013. - № 47. – С. 117 - 123.
9. Карпов В.В. Обґрунтування умов непровалу коренів у відцентровому гірляндрному очищувачі / В.В. Карпов // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ : ЛНАУ, 2006. - № 64 (87). – С. 139 - 143.
10. Карпов В.В. Оптимізація основних параметрів гофрощіткового очищувача кормових коренеплодів / В.В. Карпов // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. - № 4. – С. 11 - 17.

11. Карпов В.В. Оцінка ефективності роботи щіткового відокремлювача – очищувача за результатами двостадійних експрес – дослідів / В.В. Карпов, В.Е. Зубков // Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛДАУ, 2001. - № 10 (22). – С. 177 - 179.

12. Карпов В.В. Підвищення ефективності технологічного процесу підготовки кормових коренеплодів до згодовування тварин / В.В. Карпов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків: ХНТУ, 2014. - № 144. – С. 232 - 235.

13. Карпов В.В. Побудова аналітичної моделі руху тіла по зовнішній поверхні циліндричної гофрощітки / В.В. Карпов // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2013. - № 51. – С. 148 - 154.

14. Карпов В.В. Побудова номограми для визначення параметрів гофрощіткового очищувача коренів / В.В. Карпов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул: ФГБОУ ВПО «АГАУ», 2014. - № 1 (111). – С. 91 - 93

15. Карпов В.В. Попереднє обґрунтування основних параметрів щіткового відокремлювача коренеплодів від домішок / В.В. Карпов, В.Е.Зубков // Збірник наукових праць Луганського державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛДАУ, 2000. - № 6/17. – С. 156 - 160.

16. Карпов В.В. Розробка та удосконалення щіткових пристроїв для сухого очищення кормових коренеплодів / В.В. Карпов // Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2014. – Вип. 99. – Т.1. – С. 246 - 253.

17. Кондратюк О.Г. Методика визначення ефективності сепарації коренеплодів цукрових буряків вдосконаленими очисниками / О.Г. Кондратюк // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ. – 1997. – Т.2. – С. 56 – 58.

18. Машиновикористання у тваринництві: лабораторний практикум. Навчальний посібник / [за ред. В.Т. Дмитріва]. – Львів: Магнолія Плюс, 2004. – 252 с.

19. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / [Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін.]; за ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

20. Пат. 10482 Україна, А01D33/08. Конічний очисник коренебульбоплодів / Карпов В.В., Бойко А.І.; заявник і власник Луганський національний аграрний університет. – № у 200504226 ; заявл. 04.05.05 ; опубл. 15.11.05, Бюл. № 11.

21. Пат. 10488 Україна, А01D33/08. Відцентровий фрикційний очисник – відокремлювач коренебульбоплодів від домішок / Карпов В.В.; заявник і власник Луганський національний аграрний університет. – № у 200504247 ; заявл. 04.05.05 ; опубл. 15.11.05, Бюл. № 11.

22. Пат. 33962А Україна, А01D33/08. Щітковий очисник коренеплодів / Карпов В.В., Зубков В.Є.; заявник і власник Луганський державний аграрний університет. – № 99052526 ; заявл. 05.05.99 ; опубл. 15.02.01, Бюл. № 1.

23. Пат. 76128 Україна, МПК А01D33/08(2006.01). Гофрощітковий очисник коренебульбоплодів / Карпов В.В.; заявник і власник ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». – № у 201206787 ; заявл. 05.06.12 ; опубл. 25.12.12, Бюл. № 24.

24. Петрикович Ю.Я. Сепаруюча здатність систем доочистки коренеплодів буряка і ефективність їх застосування в бурякозбиральних комплексах / Ю.Я. Петрикович // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К. : НАУ. – 1997. – Т.2. – С. 46 – 47.

25. Погорілий М. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку / М. Погорілий // Науково-технічний журнал. – 1998. – №4. – С.21 – 23.

26. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва : підручник / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. – К : Кондор, 2009. – С.23 – 40.

27. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва : посібник – практикум / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, О.О. Заболотько [та ін.]. – К : Кондор, 2012. – С.142 – 150.

28. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування: ДСТУ 4397:2005. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2005. – 20 с.

29. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин / М.М. Хелемендик. – К.: Аграрна наука, 2001. – 280с.
30. Berghof L. Zur Verlustkontrolle in der Zuckerrübenenernte/ L. Berghof, P. Winter // Feldwirtschaft. – 1978. – № 9. – S. 408.
31. Bounan A. The cleaning of potatoes after harvest / A. Bounan // Meet. Enngg Seet. European Assn Potato Res. – Wageningen, 1980. – P. 9 – 13.
32. Gerdes G. Ertrag und Qualität von Futterrüben bei verschiedenen Ernteverfahren / G. Gerdes, G. Walter // Feldwirtschaft. – 1986. – № 9. – S. 409.
33. Gerdes G. Schlußfolgerungen aus wechselnden Witterungsbedingungen in der Zuckerrübenenernte / G. Gerdes, R. Mentele // Feldwirtschaft. – 1978. – № 9 – S. 401.
34. Hessland F. Maßnahmen zur Senkung des Besatzes und zur Erhöhung der Lagerfähigkeit der Zuckerrüben / F. Hessland, H. Bauer // Feldwirtschaft. – 1978. – № 9. – S. 410.
35. Hinz E. Untersuchungsergebnisse zu Mechanisierungslösungen für die Futterrübenenernte / E. Hinz, H. Krüger // Feldwirtschaft. – 1985. – № 2. – S. 60.
36. Knoch R. Möglichkeiten der Reduzierung der Knollenbelastung durch Minderung der Fallstufen und Übergaben in Aufbereitungsprozessen der ALV-Anlagen für Pflanzkartoffeln / R. Knoch, W. Penndorf // Feldwirtschaft. – 1986. – № 7. – S. 316.
37. Koschitzke E. Hinweise zur Einstellung der Maschinen zur Zuckerrübenenernte / E. Koschitzke // Feldwirtschaft. – 1985. – № 9. – S. 402.
38. Koschitzke E. Über Komplexgrößen in der Zuckerrübenenernte / E. Koschitzke // Feldwirtschaft. – 1978. – № 9. – S. 404.
39. Kuzniewicz M. Lagerungsverluste bei Kartoffeln in Abhängigkeit von unterschiedlichen Aufbereitungsterminen / M. Kuzniewicz // Feldwirtschaft. – 1986. – № 7. – S. 314.
40. Mührel K. Rationalisierung des Transportes von Zuckerrüben / K. Mührel // Feldwirtschaft. – 1978. – № 9. – S. 407.
41. Nonn H. Konservierende Lagerung von Rüben für Futterzwecke / H. Nonn, M. Zausch // Feldwirtschaft. – 1985. – № 2. – S. 66.
42. Sulek E. Zum Einfluß arbeitswirtschaftlicher Faktoren auf den Pflanzenbestand, die Ernteverluste und den Ertrag in der Zuckerrübenproduktion / E. Sulek, E. Reule // Feldwirtschaft. – 1985. – № 9. – S. 398.