

**«Дослідження технічного стану та
забезпечення працездатності машин для
приготування та роздавання кормів
«Strautmann Verti-Mix» умова ТОВ
«Северин» Черкаської області»**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

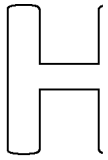
01.12-КР.242«С».2001.02.08.036.ПЗ

КАРМАЛІТА ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ

НУБІП України

НУБІП України

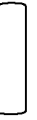
НУБІП України



Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет конструювання і дизайну

Кафедра надійності техніки



НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри надійності техніки
(назва кафедри)

К.Т.Н., доц.
(підпис)

А.В. Новицький
(ПІБ)

« _____ » _____ 2023 р.

НУБІП України

КАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «Дослідження технічного стану та забезпечення працездатності машин для приготування та роздавання кормів «Strautmann Verti-Mix» умова ТОВ «Северин» Черкаської області»

НУБІП України

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

НУБІП України

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Ловейкін В.С.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Новицький А.В.
(ПІБ)

Виконав

НУБІП України

Кармаїта О.С.
(ПІБ)

НУБІП України

2023

Форма № Н-9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
надійності техніки

К.Т.Н., доц. Новицький А.В.
(названий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ ” 20 р.

ЗАВДАННЯ

(на виконання магістерської кваліфікаційної роботи)

Кармаліті Олександр Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133- «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Тема випускної магістерської кваліфікаційної роботи «Дослідження
технічного стану та забезпечення працездатності машин для
приготування та роздавання кормів «Strautmann Verti-Mix» умова ТОВ
«Северин» Черкаської області»

затверджена наказом ректора НУБіП України №242/С» від 08.02.2022 р.

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 15 травня 2023 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до випускного дипломного проекту бакалавра. 3.1. Загальна
характеристика виробничої діяльності ТОВ «Северин». 3.2. Технічні
характеристики сільськогосподарської техніки та обладнання тваринницьких
ферм. 3.3. Каталоги ремонтно-технологічного обладнання. 3.4. Типові норми
часу на розбирання, складання і ремонт сільськогосподарської техніки.

Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ. 1. Вихідні дані для
проекткування. 1.1 Аналіз існуючого обладнання для ремонту обладнання. 1.4
Задачі кваліфікаційної роботи. 2. Конструкторська частина. 4. Охорона праці.
5. Техніко-економічне обґрунтування проекту. Висновки. Перелік листів
графічної частини. Список використаної літератури. Додатки.

Перелік графічних документів (за потреби) 5.1 Аналіз МПРК. 5.2.
Характеристика відмов машин. 5.3. Логіко-імовірнісна модель відмов
механізму завантаження. 5.4. Системний аналіз МПРК. 5.5. Математична
модель МПРК. 5.6 Охорона праці.

Дата видачі завдання “ 19 ” жовтня 2021 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра

Новицький А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Кармаліті О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

НУБІП України

ВРХ – велика рогата худоба;

КМ – керівні матеріали;

КР – капітальний ремонт;

НУБІП України

ЛІМ – логіко-імовірнісна модель;

МІРК – машини для приготування і роздавання кормів;

МЗ – механізм завантаження;

МПЗ – механізм подрібнення-змішування;

НУБІП України

МВ – механізм вивантаження;

МЕЗ – мобільний енергетичний засіб;

ПН – програма надійності;

ПР – поточний ремонт;

НУБІП України

ТО – технічне обслуговування;

ТОР – технічне обслуговування і ремонт.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є забезпечення працездатності машинно – тракторного парку ТОВ «Северин» Черкаської області за рахунок удосконалення ремонтно – обслуговуючої бази.

НУБІП України

Дипломний проєкт складається з 90 сторінок пояснювальної записки, 12 листів презентаційного матеріалів.

Пояснювальна записка складається із 5 частин і додатків.

НУБІП України

У вихідних даних для проектування розглянуто виробничу діяльність підприємства, наявний в господарстві машинно – тракторний парк та існуючу ремонтно-обслуговуючу базу.

НУБІП України

У технологічній частині представлено розрахунок обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт, встановлено річну виробничу програму ремонтної майстерні, розраховано кількість працюючих. В технологічній частині підібране ремонтно-технологічне обладнання та представлено проєкт дільниці по ремонту фермських машин.

НУБІП України

В конструкторській частині запропоновано пристосування для заточування ножів засобів для приготування і роздавання кормів, розраховано на міцність оригінальних деталей.

НУБІП України

В розділі охорона праці представлено заходи для покращення вимог з техніки безпеки і виробничої санітарії в ремонтній майстерні.

НУБІП України

В економічному розділі проведено техніко-економічне обґрунтування дипломного проєкту, встановлені основні показники.

НУБІП України

КОРМОЗМІЩУВАЧ, МАШИНА ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ, ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ, НАДІЙНІСТЬ, ВІДМОВА.

НУБІП України

ЗМІСТ	
ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ	
1.1	Загальна характеристика господарства і його виробничої діяльності
1.2	Аналіз використання машинно-тракторного парку господарства
1.3.	Огляд вітчизняних і зарубіжних зразків кормозмішувачів
1.4.	Машини та пристрої для подрібнення та роздачі стеблових кормів, сформованих у рулони
1.5	Огляд досліджень процесу подрібнення та роздачі стеблових кормів, сформованих у рулони
1.6.	Аналіз відмов робочих органів і вузлів машин для приготування та роздавання кормів
1.7.	Задачі магістерської кваліфікаційної роботи
2.1	Обґрунтування математичної моделі оцінки ефективності механізованої годівлі великої рогатої худоби кормовими сумішами
2.2.	Логіко-імовірнісна модель надійності механізму завантаження машини для приготування і роздавання кормів
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1	Програма досліджень
3.2.	Вибір та обґрунтування основних методів проведення експериментальних досліджень
3.3.	Обґрунтування умов і вибір об'єктів проведення експериментальних досліджень та методика збирання статистичних даних

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАДІЙНОСТІ КОРМОЗМІШУВАЧА

4.1. Аналіз самохідного кормозмішувача фірми Strautmann

4.2. Системний аналіз кормозмішувача Verti-Mix SF

4.3. Матеріали та методи системних досліджень

РОЗДІЛ 5. ВИМОГИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОРМОРОЗДАВАЧІВ-ЗМІШУВАЧІВ

5.1. Вимоги охорони праці при використанні кормороздавачів-
змішувачів

5.2. Вимоги до оператора при забезпеченні безпечної експлуатації
кормороздавача-змішувача

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Першочерговою задачею агропромислового комплексу є підвищення рівня комплексної механізації землеробства та тваринництва, застосовності і адаптованості тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки до сучасних умов роботи в сільському господарстві. Намічені заходи щодо покращення діяльності інженерної служби в аграрній сфері, підвищення її відповідальності за використання та збереження техніки, становленню ремонтної бази сільськогосподарських підприємств.

Підвищення інтенсивності експлуатації машинно-тракторного парку приводить до того, що він раніше досягає свого граничного стану, при якому неминучі технічні обслуговування, поточний та капітальний ремонт.

Відновлення працездатності тракторів, двигунів і інших вузлів шляхом їх капітального ремонту дозволяє підтримувати чисельність автотракторного парку країни на потрібному рівні при обмежених матеріальних ресурсах. Підвищення довговічності і ремонтпригодності машин сприяє зниженню затрат часу і засобів на виконання робіт по ТО і ремонту. Практика показує, що довговічність деталей, що відновлені різними способами, досягає рівня нових, а

вартість їх відновлення складає 35 – 60 % вартості нових.

Тому організація відновлення деталей, що зношуються – один із головних шляхів зниження грошових затрат, витрати матеріалу на ремонт машин. Щоб збільшувати об'єми робіт по відновленню деталей необхідно раціонально використовувати існуючі та розроблювати нові високопродуктивні технологічні процеси відновлення.

В представленій магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті окремі питання удосконалення технології, організації виробництва і підвищення ефективності відновлення працездатності машин для приготування і роздавання

в умовах ремонтної майстерні агрофірми «Северин» Волинської області, що дає можливість покращити можливість постійного підтримання

сільськогосподарської техніки в працездатному стані та можливість оживити виробництво по відновленню зношених деталей.

РОЗДІЛ 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Загальна характеристика господарства і його виробничої діяльності

Товариство з обмеженою відповідальністю «Северин» розташоване в північно-західній частині Черкаської області. Помірно-континентальний клімат забезпечує сприятливі умови як для галузі рослинництва так і для вирощування великої рогатої худоби. Земельні масиви господарства розміщені на територіях, прилеглих до міжнародної траси М Черкаси - Київ. Це забезпечує зручне логістичне сполучення та перевезення продукції товариства вантажним транспортом як в межах Черкаської області, України.

Наближене розташування до стратегічно важливих залізничних вузлів збільшує експортний потенціал продукції товариства до країн Євросоюзу. На орендованих землях, з застосуванням сучасних технологій землеробства, товариство вирощує кукурудзу, ріпак, сою, жито, овес, одно- та багаторічні трави та інші культури з внесенням під посів органічних добрив.

Отримання органічних добрив (компосту) господарством забезпечується за рахунок розвитку галузі тваринництва. Протягом першого року господарської діяльності ТОВ «Северин» Черкаської створено власне стадо, яке складає понад 1 тисячу голів племінної великої рогатої худоби наступних порід: лімузинська, шароле, абердин-ангуська, поліська м'ясна, волинська м'ясна.

За рахунок закупівлі тварин при створенні стада як в племінних господарствах України так і за кордоном, племінне ядро худоби товариства походить з української, польської, французької та канадської селекції різних генетичних ліній: лімузинська порода польської і французької селекції ліній SympraUK305117/400460, Fleethill Talisman UK522710/100544, а також українського походження лінії М.М.К.Команда 372305, шаролецька порода польської, французької та канадської селекції ліній Ksiega Rejestr, Meardi Tally

UK 268051/3002440, Gower Javelin UK 121566/100337; абердин-ангуська порода української селекції ліній Ілінмера Леда 173, Ідеала 3163, Райго В 1567126; поліська м'ясна порода української селекції ліній Каскадера 530, Омара 814, Лайнера 65.

Поряд з цим, закладені нові генетичні лінії високопродуктивних м'ясних бугаїв – плідників найкращих світових селекцій.

Найвнє поголів'я товариства чистопородне і відноситься до класу еліта-рекорд та еліта. Середньодобові прирости молодняка становлять 1000-1300 грамів. Щорічно товариством пропонуються до реалізації племінний молодняк та бички-репродуктори різних порід, генетичних ліній класу еліта-рекорд, а також екологічно чисте м'ясо високої якості. ТОВ «Северин» росте та розвивається. За словами керівника агрофірми «Северин» реконструкцію будівлі почали виконувати в квітні 2018 року.

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю «Северин» працює на Черкащині з серпня 2011 року. Виробничі потужності підприємства знаходяться на території кількох районів.

На сьогодні капітально відремонтовано силосні споруди, відремонтовано з запровадженням європейських технологій утримання приміщення на 700 голів ВРХ, облаштовані інші виробничі та складські приміщення, забезпечено комфортні умови праці робітникам. Ремонтні роботи проводилися і на зернотоку, який був побудований за застарілими технологіями та не відповідав реаліям сучасного виробництва. Побудовано зерноочисний комплекс з прив'язкою сучасної зерносушарки. Зараз на завершальному етапі реконструкції ще одне приміщення для відгодівлі молодняка великої рогатої худоби на 400 голів, яке вже за тиждень відновить своє функціонування.

Основним видом діяльності підприємства є: розведення великої рогатої худоби; вирощування зернових і технічних культур; оптова торгівля живими тваринами; оптова торгівля зерном, насінням та кормами для тварин.

На території агрофірми «Северин» різні ґрунти, що пов'язано з різноманітними природними умовами: рельєфом, характером ґрунтоутворення порід, глибиною залягання і якістю ґрунтових вод.

Склад і структура агрофірми «Северин» представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Склад і структура агрофірми «Северин»

Види угідь	Роки				Відхилення (+, -)	
	2021		2022		площі, га	структури, %
	площа, га	структура,	площа, га	структура,		
Загальна земельна площа						
Всього с/г угідь						
в т. ч.:						
рілля						
сіножаті						

На 44 га зросла площа рілля, нині вона становить 1465,26 га. Зростання рілля обумовлено більшою необхідністю у кормах для тварин у зв'язку із запланованим підвищенням їх поголів'я. Структура посівних площ представлено в таблиці 1.2. та на рис. 1.1.

Таблиця 1.2

Структура посівних площ агрофірми «Северин»

Культура	Фактична площа, га
Озимі пшениці	
Однорічні трави	
Гречки	
Жита	
Соя	
Соняшник	
Кукурудза на зерно	
Кукурудзи на силос	

підприємства є організація селекційно-племінної роботи в напрямку подальшого покращення продуктивних якостей тварин та відтворення стада.

Створено умови для продуктивної співпраці, обміну досвідом, відбувається впровадження передових європейських технологій утримання великої рогатої худоби, що включають в себе повну автоматизацію процесів відгодівлі, доїння та прибирання відходів з подальшою їх утилізацією. Економічне зростання підприємства обумовлює можливість розширення штату працівників, вчасну та належну виплату заробітної плати, підвищення її рівня, можливість матеріальних заохочень і відзнак.

Нові підходи до розвитку тваринництва, постійний контроль над динамікою розвитку та наполеглива праця фахівців і працівників, при 100% забезпеченні підрозділом рослинництва, високоякісними кормами досягнуто значного успіху за такий короткий період. Господарство співпрацює з ученими

Інституту генетики та розведення сільськогосподарських тварин. А також має план селекційно-племінної роботи зі стадом ВРХ до 2022 р.

1.2 Аналіз машин для приготування і роздавання кормів

господарства

Визначальне значення при забезпеченні якісної годівлі ВРХ відводиться засобам для приготування і роздавання кормів (ЗПК), до складу яких входять кормороздавачі-змішувачі. Зростаюча вартість кормороздавачів-змішувачів та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення та модернізації. Серед відомих виробників ЗПК слід назвати [3, 4]: німецьку компанію «Siloking» (Німеччина), «Strautmann» («Німеччина»), «Kuhn» (Франція), «Trioliet» (Нідерланди), «Seko» (Італія) та інші. В останні роки виробництвом засобів для приготування і роздавання кормів в Україні займається ряд підприємств сільськогосподарського машинобудування. Це: ТДВ «Брацлав» [7], ТОВ «Демімікс-Україна» [8], ТОВ «Уманьфермаши» [9] та

ПАТ «Галещина Машзавод» [10]. Виходячи з аналізу літературних джерел встановлено, що удосконалення кормороздавачів-змішувачів світовими виробниками здійснюється за наступними напрямками [3, 5]: підвищення багатофункціональності; покращення конструктивно-технологічних параметрів; підвищення довговічності робочих органів (ножів, шнеків); впровадження сучасних елементів контролю та діагностування.

Кормороздавачі-змішувачі «STRAUTMANN VERTI-MIX» використовуються на фермах ВРХ. Серед них один засіб мобільний VERTI-MIX 1400 DOUBLE SF та два причіпних VERTI-MIX 1251. В процесі експлуатації

кормозмішувачів-роздавачів в умовах ТОВ «Северин» Черкаської області оцінювались показники надійності, визначався граничний стан робочих органів, проводились уточнення періодичності технічного обслуговування та ремонту.

Було встановлено, що недостатньо інформації щодо вирішення комплексної проблеми забезпечення надійності кормороздавача-змішувача моделі Verti-Mix на протязі життєвих циклів, від введення в експлуатацію до настання граничного стану [1, 2, 5]. Кормороздавачі-змішувачі «STRAUTMANN VERTI-MIX» в умовах експлуатації в ТОВ «Северин» Черкаської області представлено на рис.

1.



Рис. 1.1 Кормороздавачі-змішувачі «STRAUTMANN VERTI-MIX» в умовах експлуатації: а – при завантаженні кормів в причіпний засіб; б – при завантаженні кормів фрезерним механізмом самохідного засобу.

1.3. Огляд вітчизняних і зарубіжних зразків кормозмішувачів

В останні роки для приготування і роздавання кормів для великої рогатої худоби в Україну надходять самохідні і причіпні машини від фірм-постачальників зі Швеції, Німеччини, Італії, США та інших компаній [2, 3, 4, 16, 17, 20]. Слід відмітити італійські компанії Scariboldi, SEKO, Storti, норвежську Kverneland, французьку Kuhh, ірландську Keenan, датську LF, фінську Junkkari, шведську DeLaval [2, 10, 17].

Аналіз показує, що виробництво такої техніки налагоджено в Польщі, Росії і Білорусі. Розпочато випуск кормороздавачів шведської компанії DeLaval Optimix в Польщі, ліцензійне виробництво міксерів Solemix та кормороздавачів Юнккари Супер Чоп освоєно в Росії. В країнах СНД вже понад 5 років користується популярністю подрібнювач-змішувач-роздавач ИСРК-12 „Хазяин”, який виробляється в Білорусі за ліцензією італійських фірм. В Україні відкритим акціонерним товариством «Бранлав» державним коштом розроблено кормозмішувач, який раніше купували в Італії [4].

Кормозмішувачі-роздавачі різняться великими різновидами типів і моделей, можуть бути причіпними та самохідними, з пристроями для самонавантаження та без них. Їх змішувальні робочі органи можуть бути горизонтальними і вертикальними, завантажувальні - фрезерними або грейферними. Місткість різних моделей кормозмішувачів-роздавачів - від 5 до 45м³, потужність - від 48 до 275 к. с. Кожний тип цих машин, за використання в різних умовах, мають свої переваги та недоліки.

В цьому разі такі машини використовують як стаціонарні тільки для приготування кормосуміші з подальшим вивантаженням корму в мобільні кормороздавачі типу КТУ-10А. КТУ-10А (рис. 1.2), які призначені для механізованого роздавання подрібнених кормів тваринам на фермах та тваринницьких комплексах [20, 24]. Використовується для перевезення різних сільськогосподарських вантажів.



Рис. 2. Коридороздавач тракторний універсальний КТУ – 10А.

Такий роздавач агрегується з тракторами класу 1,4. Така технологія значно знижує ефективність використання даної техніки.

Подрібнювач типу ИРТ – 80 (таблиця 1.5) може подрібнювати грубі корми вологістю до 60% з одночасним завантаженням подрібненої маси в транспортні засоби. Це стаціонарні машини з приводом робочих органів від електродвигуна потужністю 55 кВт. Завантажувальний бункер вміщає 5 м³ сировини.

Подрібнювач рослинних матеріалів ИРМ – 50 призначений для переробки качанів та зерно-стрижневої маси кукурудзи підвищеної вологості, приготування комбінованого силосу [20, 24]. Використовується в поточних технологічних лініях кормоцехів або на відкритих майданчиках. Для завантаження сировини використовують механізовані засоби.

Таблиця 1.5

Технічна характеристика подрібнювачів ИРТ-80 та ИРМ-50

Найменування показника	ИРТ-80	ИРМ-50
Продуктивність, т/год., при подрібненні:		
- розсипних кормів	3,5	15-20
- пресованого сіна	7	-
Частота обертання ротора, об/хв.	985	1480
Кількість молотків на роторі, шт.	24	412
Встановлена потужність, кВт	58	90
Маса машини, кг	2500	2520

Заслужовує на увагу подрібнювач ИГК-30Б призначений для подрібнення соломи, сіна та інших грубих кормів у розсипному стані вологістю до 25%.

Виготовляється у двох модифікаціях – з приводом від ВВД трактора класу 1,4 (ИПК-30Б-1) та з приводом від електродвигуна потужністю 30 кВт (стаціонарний варіант, ИПК-30Б-Н). Порівняно з ИПК-30Б, подрібнювач ИПК-Ф-4 має в 1,5 потужніший привод і забезпечує вищу продуктивність. Крім того, він оснащений поперечним конвеєром для видалення важких домішок.

Подрібнювач-змішувач призначений для подрібнення стелових кормів, коренебульбоплодів та деяких інших видів сировини і приготування із них сумішок з додаванням подрібнених концентратів, мінеральних речовин.

Використовується даний подрібнювач на фермах рогатої худоби в комплексах обладнання кормоцехів та ліній переробки соломи.

Завантажувач-роздавач кормів ЗРП-12 (рис. 1.3) забезпечує самозавантаження кормів, комбікормом, плющеним зерном, жомом, з додаванням мінерально-вітамінних добавок, змішування всіх кормових компонентів і нормоване роздавання кормо суміші тваринам на фермах ВРХ [4].

Оснащення завантажувача-роздавача блоком дозування мінерально-вітамінних добавок дозволяє підвищити ефективність використання кормів, а встановлення у роздавач завантажувального лотка для завантаження плющеного зерна – зменшити кількість машин для завантаження кормів.



Рис. 1.3. Завантажувач-роздавач кормів ЗРП-12 (а) та завантажувач-роздавач-змішувач кормів ПРСК-12 (б)

Завантажувач-роздавач-змішувач кормів ПРСК-12 (рис. 1.3) забезпечує самозавантаження кормів з граншей висотою до 3,5 м, приготування якісних сумішей, їх транспортування до приміщень і дозуючу роздачу тваринам в

годовниці чи на кормовий стіл. Щодо різних типів робочих органів для подрібнення та змішування корму, то окремі автори вважають, що спосіб вертикального змішування є найдосконалішим варіантом, якщо мати на увазі всі висунуті до них вимоги. Кормороздавачі-змішувачі вертикального типу надійніші в експлуатації та дають змогу отримати найбільш гомогенну кормову суміш.

Лабораторією систем економічних нормативів на нову техніку НДІ «Укראгропромпродуктивність» проводились дослідження з визначення нормативів часу при приготуванні і роздаванні кормосуміші горизонтальним кормозмішувачем DeLaval-12 (рис. 1.4). Аналіз результатів досліджень показує, що за показниками економічної ефективності використання горизонтального кормозмішувача DeLaval-12 для приготування і роздавання кормосуміші має переваги перед використанням для цих само цілей стаціонарного кормоцеху КОРК-15Б та мобільного кормороздавача КТУ-10А, а саме: прямі експлуатаційні витрати знижуються на 45,3%, затрати часу на приготування і роздавання однієї тони кормосуміші також знижуються в 1,8 разу [4, 17].



Рис. 1.4. Кормозмішувач-роздавач DeLaval-12 (Швеція).

Кормозмішувач DeLaval-12 - напівпричіпний, складається з одноосної ходової частини, бункера об'ємом 12 м³, горизонтальних робочих органів, автономної гідравлічної станції, вагових датчиків, дисплея, на який виводиться інформація про кількість корму, навантаженого в бункер [17].

1.4. Машини та пристрої для подрібнення та роздачі селюкових кормів, сформованих у ролони

У світовій практиці використовується технологія сівилі тварин сінajem у чистому вигляді або у складі кормові суміші. При годівлі сінajem у чистому вигляді використовуються пристрої та машини, що забезпечують виїмку, подрібнення та роздачу корму.

Найпростіші розмотувачі рулонів та подрібнювачі-роздавачі корми використовуються для роздачі тільки стеблові корми.

Роздавачі рулонів кормів, що дозволяють подрібнювати сіно та сінajem, представлені широким рядом машин, серед яких, як найпростіші, можна виділити різьбярі-роздавачі рулонів T-12 WOLWO (Італія) та його аналог російського виробництва подрібнювач-роздавальник ІРК-01 (рис. 1.5). Спідлиано пристроєм самозавантаження рулонів, при цьому перед завантаженням вручну видаляється плівка та об'язувальний шпагат.



Рис. 1.5. Подрібнювач-роздавальник кормів ІРК-01

Подрібнювач-роздавач кормів, що агрегується з тракторами класу 1,4. Різьбяр здатний вирізати з рулону масив з довжиною частинок 9, 15, 22 см, а при русі по кормовому проходу ферми може розподіляти корм у годівниці.

Дослідження, проведені у НДІ механізації сільського господарства (м. Тревідо, Італія), показали, що розмотувачі рулонів типу SD-800 розподіляють корми з рівномірністю близько 75...80 % за лінійної щільності 5,5 кг/м. При цьому досягається повна механізація процесу з продуктивністю близько 5 т/год.

Однак рівномірність розподілу вздовж фронту годівлі значно гірше, ніж при роздачі в годівниці; можливі втрати корму.

Завод "АгрOMET" у м. Люблін випускає розпушувач-роздавальник рулонів та великогабаритних пакунків Н-152. Роздатчик-розпушувач складається з бункера, якому розташовані два барабани, що розпушують, шнекового транспортера, систем приводу та навантаження. Завантаження рулонів проводиться вилчастим витягом. Найбільш універсальні машини, які поряд із роздачею подрібненого сіна можуть використовуватися при розкиданні солом'яної підстилки або для подрібнення та навантаження кормів на інші транспортні засоби. Для цієї групи машин характерно застосування циліндричного бункера, що обертається, на нерухомому дні якого встановлений подрібнюючий робочий орган.

Фірма Kidd (Великобританія) багато років випускає подрібнювачі розкидачі рулонів S14, призначені для подрібнення рулонів сіна та соломи, з можливістю розкидання підстилки. Аналогічні подрібнювачі-роздавачі рулонів та тюків Taarup 800 (Англія) призначені для подрібнення рулонів та тюків соломи та сіна.

Випускаються подрібнювачі в навісній (806S) та причіпній (807S) модифікаціях. Бункер машини обертовий, циліндричний. Подрібнюючий робочий орган виконаний у вигляді диска з ножами, розташованими вище за рівень дна бункера та обладнаний жартуючими доплатками, які забезпечують видачу подрібненої маси через вивантажний люк, обладнаний трубою з напрямним шнеком чи шлангом різної довжини.

Відомі багатфункціональні подрібнювачі типу Teagle 4040/5050/6060. Подрібнювач оснащений ротором, може працювати з кормами в рулонах та тюках, а також використовуватися для підготовки кормового силосу, подрібнення коренеплодів, для підготовки підстилки. Діаметр барабана даного ряду машин 1,57/1,83/2,14 м, відповідно, а потужність приводу 60/65/70 л.с. Машина може бути оснащена поворотними колесами для більшої стійкості. Аналогічний причіпний подрібнювач випускається фірмою Elho серії RotoCutter

1500/1800 (Фінляндія). Подрібнювач обладнаний пристроєм економавантаження обтискного тину. Перераховані машини мають можливість видачі корму як з одного, і з двох сторін.

У РУВП «Бобруйсагромаш» розроблено подрібнювач рулонів ІРК-145 (рис. 1.6.). Завантаження корму в подрібнювач здійснюється за допомогою гідравлічного маніпулятора, який встановлений на задній частині подрібнювача (рис. 1.6). Агрегується подрібнювач із тракторами класу 1,4.

Нашою промисловістю випускаються подрібнювачі рулонів та тюків ІРТ-80 та ІРТ-165 різних модифікацій у стаціонарному та причіпному виконанні. У подрібнювачах можна переробляти розсіпні та пресовані корми. Під дією молотків та претиріжучої гребінки корм подрібнюється та відкидається на решето (це характерно для моделі ІРТ-165), проходить через його отвір на вивантажувальний транспортер.



Рис. 1.6. Подрібнювач рулонів ІРК-145

Роздатки з циліндричним бункером, що обертається, дуже енергоємні та мають значні габарити.

Дискові подрібнювачі відрізняються ротором великого діаметра у вигляді диска з подрібнюючими ножами та викидаючими лопатями з тильною сторони диска. Подрібнення рулону відбувається рівномірніше і без ривків. Подання рулону до подрібнювача здійснюється планчастим транспортером.

Багато світових виробників техніки KUNN (Франція), Kverneland (Норвегія), Lunelag (Італія) та д.р. представляють на сучасному ринку широкий ряд подрібнювачів-роздавачів кормів з рулонів різної продуктивності (рисунок 1.7). Аналіз конструкцій техніки для роздачі силосу, сінажу, сіна та інших грубих кормів показав, що сформувалася стійка тенденція виробництва комбінованої кормороздавальної техніки. У годуванні сільськогосподарських тварин широке поширення отримала технологія подрібнення та змішування кормів перед роздачею для отримання збалансованої повнораціонної суміші.



Рис. 1.7. Подрібнювачі-роздавачі рулонів

До складу таких сумішей (для жуйних тварин) входять стеблові корми, силос, сінаж, сіно. Усі нездрібнені стеблові корми в процесі підготовки до згодовування рекомендується подрібнювати для підвищення поїдання та поліпшення їх технологічних властивостей - кращої споживності, змішування.

При використанні в раціоні сінажу, заготовленого в рулонах, необхідно подрібнення для отримання однорідної кормосуміші. Практика показує, що застосування універсальних подрібнювачів змішувачів-роздавачів кормів вправдаю навіть у низькорентабельних господарствах. Внаслідок їх застосування покращується облік витрати кормів, знижується частка руйної праці, усуваються втрати корму у залишках. Внаслідок цього надвої та прирости ваги збільшуються до 30%.

Використання на тваринницьких фермах універсальних кормороздавачів найбільш доцільно як із зоотехнічної, так і з економічної точки зору. Створюється можливість однією машиною механізувати та автоматизувати

процес роздачі кормів, заготовлених у будь-якому вигляді, у зв'язку з цим коефіцієнт використання робочого часу універсальних роздавачів значно вищий, а витрати на придбання та експлуатацію нижче в порівнянні з машинами, призначеними для роздачі окремих кормів.

Технологічні схеми агрегатів для виробництва кормових сумішей різноманітні. Лише у Європі понад 25 фірм виробляють багатфункціональні мобільні кормороздавачі. Серед європейських виробників необхідно відзначити італійські компанії "Scariboldi", "SEKO", "Storti", "Marmix", французьку - "Kuhn", шведську - "DeLaval", ірландську - "Keenan", датську - "JF", норвезьку - "Kverneland", фінську - "Junkkarit".

За функціональними можливостями всі, що випускаються закордонними фірмами кормозмішувачі умовно можна поділити на три основні групи: напівпричіпні машини без пристрою для завантаження корму, напівпричіпні самозавантаження та самохідні з самозавантаженням.

Вертикальні та горизонтальні змішувачі принципово відрізняються по способу перемішування компонентів кормової суміші. Так, для вертикальних моделей характерно наявність зазору між шнеком і змішувальною стінками камери, що забезпечує вільне падіння кормової маси, що піднімається шнеком, що унеможливує пошкодження корму. У горизонтальних моделях кормова маса переміщується дном змішувальної камери, при цьому виникає ризик пошкодження суміші стискуванням (пресуванням). Практично всі кормозмішувачі обладнуються електронною системою зважування, що забезпечує надходження вихідних компонентів кормосуміші в бункер машини в суворій відповідності до рецепту.

Фірма "Kverneland" (Норвегія) створила для малих ферм мобільний кормороздавач серії KD 400, що забезпечує високорентабельне перемішування всіх видів кормів. По всій довжині кузова кормороздавача KD 400 розташований горизонтальний шнек, який разом з лопатевим змішувачем здійснює циркуляцію та акуратне змішування кормів. Ретельне перемішування кормів досягається за рахунок того, що лопатеві мішалки переміщують корм назад, а шнек подає його

вперед Кормороздавальник серії KD 600 може переробляти блоки силосу, оснащений двома шнеками, що протилежно обертаються, з подрібнюючими квадратними ножами по всій довжині. Центральне положення між шнеками займає зубчастий контрніж для подрібнення та перемішування довгих волокон.

Кормороздавальник збалансованих кормів серії KD 500 обладнаний чотирма шнеками, які здійснюють максимально ефективне перемішування інгредієнтів як у режимі вперед-назад, так і в режимі від борту до борту до отримання ретельної однорідної суміші.

Багатофункціональний кормозмішувач-роздавальник «Монофесер Der ST» від фірми «Sgariboldi» (Італія) забезпечує подрібнення та ретельне перемішування кормів різних видів. Машина з горизонтальним розташуванням шнека випускається у двох (SG та RC) версіях, RC – версія адаптована для роботи з рулонами та тюками пресованого корму та відрізняється потужним, посиленням шнеком зі змінними гребінчастими ножами. Вивантажне вікно забезпечене шибером та вивантажним транспортером.

Горизонтальні шнекові кормозмішувачі Таагур серії 600 спеціально призначені для включення до раціону будь-яких кормів без необхідності їх попереднього подрібнення. За допомогою Таагур 600 можна переробляти всі форми кормових матеріалів, включаючи рулони та прямокутні тюки.

Кормозмішувач обладнаний двома шнеками, що обертаються до центру камери та працюючими у поєднанні із встановленим у центрі протиризальним брусом для подрібнення довгих матеріалів. Має багато модифікацій обсягом від 8,5 до 18 м³ і відповідно потужністю приводу 50...80 кВт.

Фірма «Keenan» (Ірландія) випускає серію універсальних кормороздавачів-змішувачів, адаптованих для роботи з рулонами пресованого корму: «KeenanKLASSIK 100 Handler».

Робочий орган кормороздавача виконаний у вигляді барабана з лопатями та гребінки з ножами, що з'єднують по дві пари лопатей. В верхній частині бункера над лопатями барабана встановлені пальцеві ґрати. Пальці закріплені шарнірно, що забезпечує рівномірність у подачі корму.

Вертикальний змішувач кормороздавальник «VSS Vertical System Sgariboldi» (Італія) спеціально розроблений для того, щоб швидко подрібнювати рулони та тюки будь-якої форми та розміру. Його спеціальний шнек із спеціальними шаблезубими ножами оптимізує різання волоконних кормів.

Об'єм бункера від 10 до 22 м³, необхідна потужність приводу – 44...81 кВт.

Вертикальний кормозмішувач «Verticalfeeders Hi-Specs» (Велика Британія) має шнек великого діаметра спеціальної форми та ножі, винесені на дужках для швидкого та кращого змішування.

У машині можуть використовуватися всі форми та розміри, вологі чи сухі пресовані корми та інші матеріали для подрібнення та змішування.

Розроблено мобільний напівпріципий кормороздавач подрібнювач-змішувач КІС-8 з вертикальним шнеком. Він призначений для подрібнення грубих кормів, змішування з іншими компонентами та роздачі готової маси.

Час подрібнення та змішування кормової суміші становить 10...15 хв. Агрегатується із тракторами класу 1,4.

Ступінь подрібнення довговолоконистих кормів у вертикальних змішувачів обмежена конструктивними особливостями роздавача та не залежить від тривалості подрібнення. Конструкція шнеків у них визначає необхідність дотримуватися черговості завантаження сипких компонентів. У в іншому випадку є ймовірність осідання сипких компонентів на днищі та лопаті шнека, що призводить до нерівномірного змішування кормів та їх перевитрати.

Велике поширення у сільськогосподарських підприємствах Росії отримав підприємство «Запенергомаш» (Республіка Білорусь) універсальний кормороздавач ІСРК-12 «Господар», прототипом якого є машина італійської фірми "Marnix" (рис. 1.8).

НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 1.8 Подрібнювач-змішувач-роздавальник кормів ІСРК-12.

Їм готують та роздають збалансовану суміш із рулонів довговолокнистого сіна, соломи, сінажу, силосу, коренеплодів, комбікорму.

Місткість кузова ІСРК-12 «Господар» складає 12 м³, що дозволяє забезпечити кормом до 100 голів ВРХ за один прохід. Вантажопідйомність його 3500 кг. Агрегатується кормороздавач із тракторами класу 1,4.

Регулювання норми вивантаження здійснюється так само, як і на вивантажному транспортері. Склад суміші контролюється за електронними вагами згідно з раціоном, встановленим для кожної групи тварин, що дозволяє гнучкіше підходити до формування раціону для різних статей груп тварин. При цьому досягається найбільша ефективність годування та збільшення приросту і надоїв. Однак при використанні у складі кормосумішей компонента підвищеної щільності - сінажу в рулонах - виникає ряд технологічних проблем.

1.5 Огляд досліджень процесу подрібнення та роздачі стеблових кормів, сформованих у рулоні

При приготуванні високозбалансованого корму тваринам багато процесів пов'язані з різанням рослинного матеріалу. В різних сільськогосподарських машинах відбуваються різні види різання (шару рослинної маси, одиничних стебел, пучка стебел).

Забезпечення високого рівня технологічних розробок при проектуванні агрегатів з ріжучими механізмами в даний час можливо лише на підставі ґрунтовних теоретичних та експериментальних досліджень конструктивних

схем та вдосконалення теорії різання стеблових матеріалів, що мають особливості фізико-механічних властивостей. Виходячи з цих умов, можна правильно вибрати тип, параметри та режими роботи ріжучих органів

Основоположником теорії різання та створення бази для подальших досліджень цього процесу є академік В. П. Горячкін.

Технологічні засади ковзаючого різання розроблені академіком В.А. Желіговський. Значні роботи з вивчення ковзного різання В.С. Босого та В.А. Зяблова. В основу розрахунку різальних апаратів лягли роботи професора Л.Т. Крамаренко, експериментальні дослідження академіка Л.І. Карпенка.

Особливості процесу різання шару матеріалу - Н.В. Шабліков. Вплив швидкості різання досліджувалися А.Л. Карпенко та І.Ф. Василенка.

Авторами були розглянуті різні умови різання та запропоновані різні підходи та методи при аналітичному визначенні зусиль, ковзанні та швидкості різання стебел сільськогосподарських рослин.

Свої дослідження Н.Є. Резник направив на узагальнення науково-теоретичних та експериментальних основ процесу різання лезом.

Дослідником розглянуто різновиди процесу різання лезом на основі диференціації технологічних факторів, внесений величезний внесок у теорію та

основ розрахунку різних ріжучих апаратів кормозбиральних машин. Їм спільно зі співробітниками ВІСХОМУ було розроблено ряд установок та приладів для дослідження силової взаємодії леза на матеріал, різання на різних швидкостях,

процесу взаємодії ножа в шарі матеріалу, визначення технологічних властивостей матеріалів експериментальними методами. За результатами

аналітичних досліджень Н.Є. Резника була запропоновано модель силової взаємодії леза з матеріалом та виведено рівняння визначення критичного зусилля різання у вигляді:

$$P_{кр} = P_p + P_{сш} + T_1 + T_2 \quad (1.1)$$

де P_p - опір руйнуванню матеріалу під кромкою леза, Н,

$P_{ст}$ – опір шару стиску фаскою леза, Н;
 $T_1; T_2$ – сили тертя від сил нормального тиску на межі та фасці леза які у площині ножа, Н.

Після встановлення всіх складових воно дано дослідником при довжині ножа рівної 1 м у наступному вигляді:

$$P_{кр} = \delta \sigma_p + 0,5E \cdot \left(\frac{h_{ст}^2}{h}\right) \cdot [tg\beta + f \sin^2\beta + \mu(f + \cos^2\beta)] \quad (1.2)$$

де δ – гострота леза, м;

σ_p – руйнівна контактна напруга, Па;

E – модуль Юнга, Н/м²;

μ – коефіцієнт Пуассона;

$h_{ст}; h$ – товщина матеріалу, що прорізається і величина попереднього

стискування, м;

f – коефіцієнт тертя маси про матеріал леза;

β – кут нахилу фаски леза, радіан.

Дане рівняння придатне для опису статичної взаємодії леза з матеріалом.

Великі дослідження та конструкцій у галузі ріжучих апаратів жнивних машин достатньо. Однак умови роботи ріжучого органа при динамічній взаємодії та обтисненні його кормовою масою відрізняються від аналізованих.

Практична цінність досліджень полягає у виявленні багатьох особливості процесу різання рослинного матеріалу в різних умовах.

При взаємодії ріжучого органу з масивом спресованої рослинної маси різанням, пилянням, фрезеруванням з утворенням поверхні різання присвячено низку досліджень.

У процесі різання необхідно врахувати енергоємність процесу різання.

Висока енергоємність цих процесів обумовлена великими поверхнями різання та багаторазовим впливом на матеріал. Багато авторів проводили дослідження щодо визначення енергоємності цих процесів.

Аналіз досліджень показує, що витрати енергії залежать від площі вільної поверхні, що утворилася під час різання. Отже, необхідно прагнути зменшення поверхонь різання. У зв'язку з цим виникає завдання зменшити поверхню різання, що можливо при різанні матеріалу пристроєм без утворення стружки ножем, у якого ріжучі елементи розташовані в одній площині.

Робота подвійного ножа характеризується малою швидкістю різання та врівноваженням сил інерції. Недолік складність якісної рівномірного заточування увігнутої ріжучої кромки у виробничих умовах.

С.А. Макаров проводив дослідження з різання кормового масиву ножем без механічного підйому. Він обґрунтував параметри робочого органу, що забезпечують зниження енергоємності процесу. Був спроектований ріжучий орган складової конструкції зі змінними ріжучими елементами, можливістю зміни ріжучої вершини установкою в одне з чотирьох робітників положень. Цим забезпечується підтримка працездатного стану без необхідності заточування ріжучих елементів тривалий час.

Інтенсифікація процесу рахунок застосування складних конструкцій робочого органу суттєво ускладнює пристрій та як наслідок підвищує виробничі та експлуатаційні витрати. Дослідження, проведені з вивчення взаємодії ножа з масивом спресованого стеблового матеріалу, що показують ефективність динамічного різання та визначають ряд напрямків удосконалення конструкцій робочих органів. Процес впливу ножа з кормовим масивом супроводжується утворенням напруженого стану у зоні локалізації навантаження, що пов'язано з фізико-механічними властивостями, структурою та іншими характеристиками оброблюваного обсягу матеріалу.

Стеблові грубі корми, спресовані в рулони, розглядаються як маса, обмежена у циліндричному обсязі. Вона має певну структуру з утворенням напруженого стану при формуванні

Серед дослідників немає єдиної думки про закономірності напруженого стану анізотропного матеріалу під час деформації.

Багато робіт присвячено дослідженню впливу різних робітників органів при роботі з рудонами пресованих кормів як стискаючих, так і проникаючих, з визначенням напружень та деформацій в області взаємодії. Аналіз цих досліджень показує, що з умов взаємодії залежить характер деформацій та локалізації напруг.

Дослідженню різання стеблових кормів сформованих у рудони, та обґрунтуванню параметрів робочого органу пристрою, що розрізає, присвячена робота І.М. Попова. Автор проводив дослідження розрізаючого пристрою, агреатованого з фронтальним навантажувачем, що містить раму, на якій центрі закріплений плоский штир, у напрямках якого закріплений вік, спрямований лезом нагору.

Ним найбільш повно розглянуто та досліджено енерговитрати процесу різання рудонів, з урахуванням усіх сил опору та втрат, наведених до валу приводу. При обґрунтуванні машин та обладнання кормових ліній необхідно враховувати весь комплекс робіт, пов'язаних з виїмкою кормів зі сховищ, підготовкою їх до згодовування, транспортуванням до тваринницьких приміщень та розподілом по годівницях, між якими є тісні експлуатаційно-технологічні та економічні зв'язки.

Великий внесок у дослідження процесів приготування кормів на фермах, у розробку теоретичних засад проектування технологічних ліній, машин та обладнання кормоцехів стаціонарного типу та підвищення ефективності їхнього функціонування внесли С.В. Мельников, Фролов, В.С. Мкртумян, Л.П. Карташів, Ю.А. Цой, В.І. Земсков, Л.І. Кроп, В.І. Передня, В.Г. Коба, В.А. Голяков, Н.М. Морозов, інші.

Г.М. Кукта розробив основи методики технологічного розрахунку ліній приготування кормосумішей, обґрунтував типорозмірний ряд кормоцехів для ферм великої рогатої худоби та свинарських підприємств, досліджував робочий процес та обґрунтував параметри накопичувачів-живильників кормів з гравітаційною подачею матеріалу до кормовідділювачів визначив; фізико-механічні властивості (коефіцієнти внутрішнього та зовнішнього тертя,

бічного тиску) концентрованих кормів, трав'яного борошна, подрібнених соломи та буряків, досліджував процес змішування кормів у змішувачах періодичного та безперервної дії. За його участю створено комплекти обладнання для кормоприготувальних цехів типу КЦК-5.

Л.І. Кроп обґрунтував типорозмірний ряд та номенклатуру кормопідготовчих цехів для тваринницьких ферм та комплексів всіх напрямів, за його участю розроблено серію типових проєктів таких цехів.

Дослідженнями робочих процесів роздатчиків-змішувачів кормів на фермах ВРХ протягом останніх 20 років займалися кілька наукових установ:

ІНЦ «ІМЕСФ», Інститут економіки, ін. Проте більшість опублікованих праць присвячені, в основному, опису зарубіжних зразків та доцільності створення аналогів таких машин (О.О. Омельченко, Г.М. Кукта, Є.І. Резнік, С.В. Рижов, А.І. Бойко, І. І. Ревенко, Н. Б. Брагінця, та ін.).

Є.І. Резнік розробив технічні системи кормозабезпечення ферм ВРХ, що передбачають формування сімейства машин, що входять до системи, виконання структурного аналізу кожної машини та агрегату, розробку типорозмірних рядів. У зарубіжних літературних джерелах представлені, головним чином, рекламні дані кормових агрегатів із змішувачами періодичної дії.

Значні роботи проведено з обґрунтування та створення комплексу машин для тваринницьких ферм на базі енергетичного модуля класу 0,6 та інших нових технічних засобів для ферм ВРХ. Аналіз їх показує, що переважна частина зазначених робіт присвячена вдосконаленню техніки для ферм із традиційною роздільною роздачею кормів. За кордоном така технологія застосовується на фермах із чисельністю поголів'я до 60 тварин. Нещодавно зарубіжна технологія годівлі корів із використанням керованих транспондером автоматів для індивідуальної роздачі концентрованих кормів здавалася останнім досягненням науки та техніки. Проте в останні роки за кордоном повнорационные кормосуміші знаходять дедалі більше поширення у технології годівлі ВРХ. Нині у світі сформувався стала тенденція на виробництво комбінованої багатоопераційної кормороздавальної техніки.

За даними німецьких вчених перехід від роздільної роздачі кормів до повноцінним кормосумішам дозволяє підвищити продуктивність корів на 0,9 кг молока щодня, скоротити витрати основних кормів на 20...30%. Дослідження вітчизняні вчені в нових напрямках розвиваються вкрай повільно.

Ефективність функціонування технічних систем багато в чому визначається їх надійністю та технічним обслуговуванням. Вказані питання стосовно кормових ліній розглянуті досить повно. Розроблені математичні моделі та теоретичні основи оптимізації надійності комплектів машин, оцінки ефективності функціонування кормоцехів з деяким наближенням може бути використані при оцінці нових технологічних ліній підготовки та роздачі кормів мобільними кормороздавачами без стаціонарних кормоцехів. Ефективність технічного оснащення ферм багато в чому залежить від методології її обґрунтування.

Робоча гіпотеза полягає у припущенні, що попереднє розрізання рулону сінажу, упакованого в плівку перед згодовуванням тваринам забезпечить підвищення продуктивності праці та зниження собівартості робіт при приготуванні та роздачі корму тваринам.

1.5. Аналіз відмов робочих органів і вузлів машин для приготування та роздавання кормів

В процесі експлуатації машин для приготування та роздавання кормів найбільш інтенсивно виникають відмови, причиною яких вплив різного виду пошкоджень. Зношуються різальні та протирізальні пластини, ножі, шнеки, шестерні та підшипники редукторів та механізмів приводу, заслінок та навантажувачів.

Часто дефектами змішувачів-кормороздавачів можуть бути тріщини та пробоїни в корпусах редукторів, причиною яких є перевантаження. Основною причиною втрати працездатності ножів та протиножів, шнеків механізму подрібнення-змішування є зношування в результаті їх взаємодія з кормами під час виконання робочих процесів (рис. 1.9, б).

Інтенсивність зношування зростає при забрудненні кормів абразивними частинками. Слід постійно контролювати стан робочих органів, і при граничному їх стані проводити заточування або ж заміну. Причиною відривання витків шнеків та тріщин зварних швів лопаток мішалок (рис. 1.9, а), є попадання в бункер, в зону роботи змішувальних вертикальних швів разом з компонентами кормів сторонніх предметів. Іншою причиною руйнування шнеків є граничне, понаддопустиме заповнення бункера компонентами кормів. Тріщини, пробоїни та відривання елементів деталей можуть бути усунені електрозварюванням. Щодо зношування лопатей мішалок, то зменшення їх товщини понад 2 мм, вказує на необхідність їх заміни або ж відновлення.

Порушення герметичності ущільнень, попадання абразивних частинок та рідин є причиною зношування посадочних місць валів та вісей під підшипник [10, 12]. Це є також причиною руйнування деталей редуктора та механізму заслінки. На рис. 1.9, в представлено зношену шестерню редуктора приводу змішувальних вертикальних шнеків змішувача-роздавача.

Основними дефектами змішувачів можуть бути тріщини та пробоїни в корпусах, відривання витків спіралей шнеків, тріщини зварних швів лопатевих мішалок, порушення герметичності ущільнень, спрацювання посадочних місць валів і лопатей мішалок тощо.



Рис. 1.9. Пошкоджені деталі кормозмішувачів-роздавачів: а – пошкоджена мішалка шнека; б – зношений ніж змішувального шнека; в – зношена шестерня редуктора змішувального шнека.

В зібраному барабані ножі повинні щільно прилягати до зовнішньої циліндричної поверхні диска. Лезо ножів барабана повинні бути розташовані по

видимості барабана. Деформовані лопаті рихтують, при необхідності замінюють виготовленими. При заміні лопатей для запобігання корозії маточини з неробочого боку накладають зварюванням валик симетрично місцю приварювання лопаті [11, 14].

1.6. Задачі магістерської кваліфікаційної роботи

Виходячи з теми дипломного проекту «Дослідження технічного стану та забезпечення працездатності машин для приготування та роздавання кормів «Strautmann Verti-Mix» умова ТОВ «Северин» Черкаської області»

задачі дипломного проектування передбачають вирішення наступних питань:

1. Дати загальну характеристику ТОВ «Северин», машинно-тракторно парку, ремонтної майстерні. Проаналізувати існуючий стан та можливі шляхи подальшого удосконалення ремонтної бази ТОВ «Северин».

2. Провести аналіз фермського обладнання – машин для приготування і роздавання кормів.

3. Провести аналітичні дослідження забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів.

4. Обґрунтувати математичну модель оцінки ефективності механізованої годівлі великої рогатої худоби кормовими суміщами.

5. Удосконалити ремонтно-технологічне обладнання - пристосування для заточування ножів машин для подрібнення-змішування кормів.

6. Провести аналіз стану охорони праці в ремонтній майстерні агрофірми «Северин».

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

2.1 Обґрунтування математичної моделі оцінки ефективності механізованої годівлі великої рогатої худоби кормовими сумішами

Науковими дослідженнями та передовою виробничою практикою доведено, що годівля тварин, включаючи ВРХ має здійснюватися багатокомпонентними кормовими сумішами відповідно до їх фізіологічних потреб. Відомо, що процес приготування та роздавання повнораційних кормових сумішей є складною біотехнічною цілеспрямованою системою «ЛЮДИНА → РОСЛИНА → КОРМ → ЛІНІЯ ПРИГОТУВАННЯ ТА РОЗДАЧІ → ТВАРИНА → ПРОДУКТ». У центр цієї системи стоїть тварина з її потребами в поживних речовинах для одержання планованої продуктивності, які повинні бути влаштовані певним набором кормів та кормових добавок. При цьому, якість кормів характеризується їх енергетичною цінністю, тобто. Здатністю кормового продукту накопичувати у собі енергію, використовувану отриманням продукції. Додаткове енергонасичення кормового продукту здійснюється при його взаємодії з робочими органами машин, різного роду добавки, компоненти. Змішування об'ємних грубих, соковитих кормів з великим вмістом клітковини, концентрованих або вуглеводистих кормів з мінеральними добавками веде до підвищення їх поживності на 7,5-10%.

Машини та обладнання, що використовуються в даний час, входять до ППТЛ приготування та роздачі кормосумішей ВРХ, не дозволяють готувати кормосуміші з високою однорідністю і видавати їх відповідно до зоотехнічної нормою. Крім того, вони не дозволяють через відсутність спеціальних технічних засобів водити в кормові раціони гарбуз в необхідній кількості протягом всього зимового стійлового періоду.

При розробці та проектуванні ліній приготування повнораційних кормосумішей ВРХ, для оцінки їх ефективності використовують узагальнений

показник мінімум наведених витрат. Однак він не дає об'єктивності оцінки, оскільки не несе повної інформації про сумісність витрат та додаткової продукції, одержуваної за рахунок реалізації певних заходів, спрямованих як на зниження витрат, так і на збільшення виходу тваринницької продукції, наприклад, при заміні одного з компонентів раціону іншим і застосуванням для цих цілей засобів механізації, раніше не існували.

У зв'язку з цим, при розробці та проектуванні ліній приготування повнорационних кормосумішей однією з основних умов можливості проведення об'єктивного розрахунку щодо оцінки ефективності їх функціонування повинні бути враховані всі чинники, що впливають на функціонування всієї системи.

Загальна схема для обґрунтування оцінки ефективності вжитих заходів щодо розробки раціональних способів та технічних засобів у складі системи механізованого годування тварин, наведено рис. 2.1.

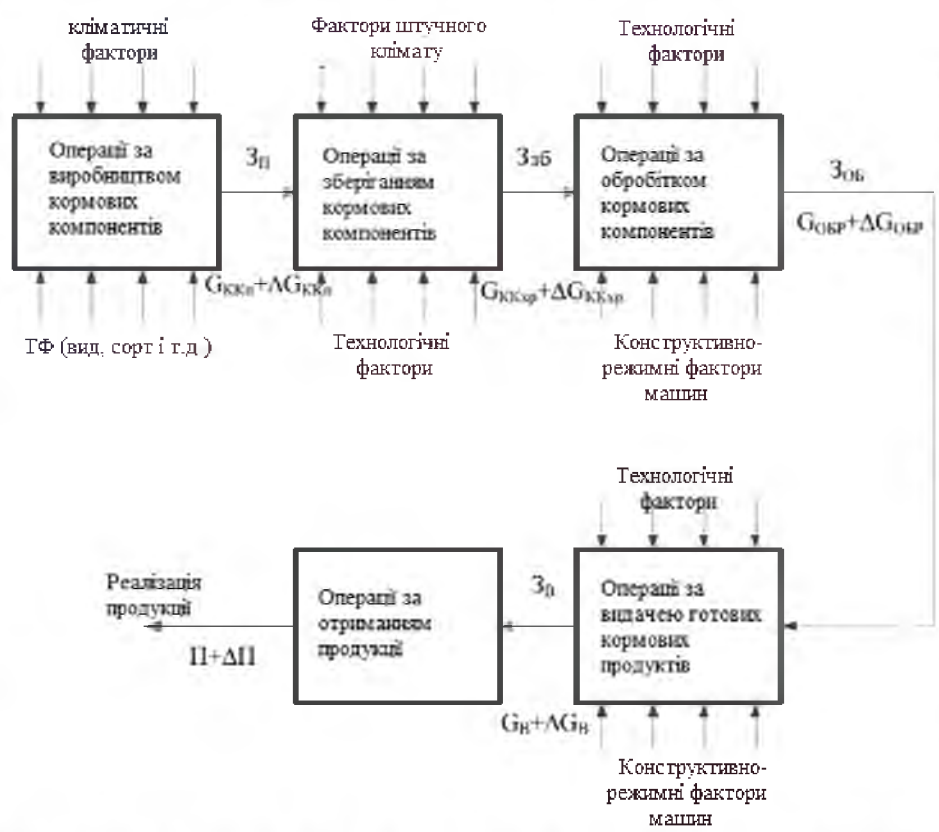


Рис. 2.1. Загальна схема до обґрунтування оцінки ефективності приймання технічних і технологічних рішень годівлі ВРХ, МПРК, де: КФ-кліматичні фактори; ФШК-фактори штучного мікроклімату; ТФ-технологічні фактори;

КРФМ-конструктивно-режимні фактори машин; Z_{Π} і $G_{\text{зкп}}$ -витрати на виробництво кормових компонентів та об'єми їх виробництва та використання, відповідно; $Z_{\text{зб}}$ і $G_{\text{зкзб}}$ - витрати на зберігання та обсяги зберігання кормових компонентів, відповідно; $Z_{\text{об}}$ та $G_{\text{обп}}$ витрати з обробки та обсяги оброблених кормових компонентів, відповідно; $V_{\text{в}}$ і $G_{\text{в}}$ – витрати по видачі та обсяги кормових продуктів, що видаються, відповідно; Π -отримуваний прибуток від продукції.

При цьому ефективність виробництва та зберігання кормових компонентів, обраних для їх введення до складу кормової суміші залежить від можливості вибору раціональних способів їх виробництва та зберігання, а також витрат, пов'язаних з них з реалізацією обраних способів і технологій з виробництва та зберігання сировинних компонентів.

В даний час процеси зберігання кормової сировини здійснюється у різних способів. Схема основних їх представлена рис. 2.2.



Рис. 2.2 – Схема до аналізу способів зберігання вихідного кормової сировини та продуктів його переробки.

Приготування кормових сумішей також здійснюється різними способами.

Схеми їх класифікації представлено рис. 2.3. Вибір системи механізованої роздачі кормових сумішей також залежить від багатьох факторів. Найбільш доцільним та ефективним варіантом може бути система з використанням мобільних кормороздачків-змішувачів.

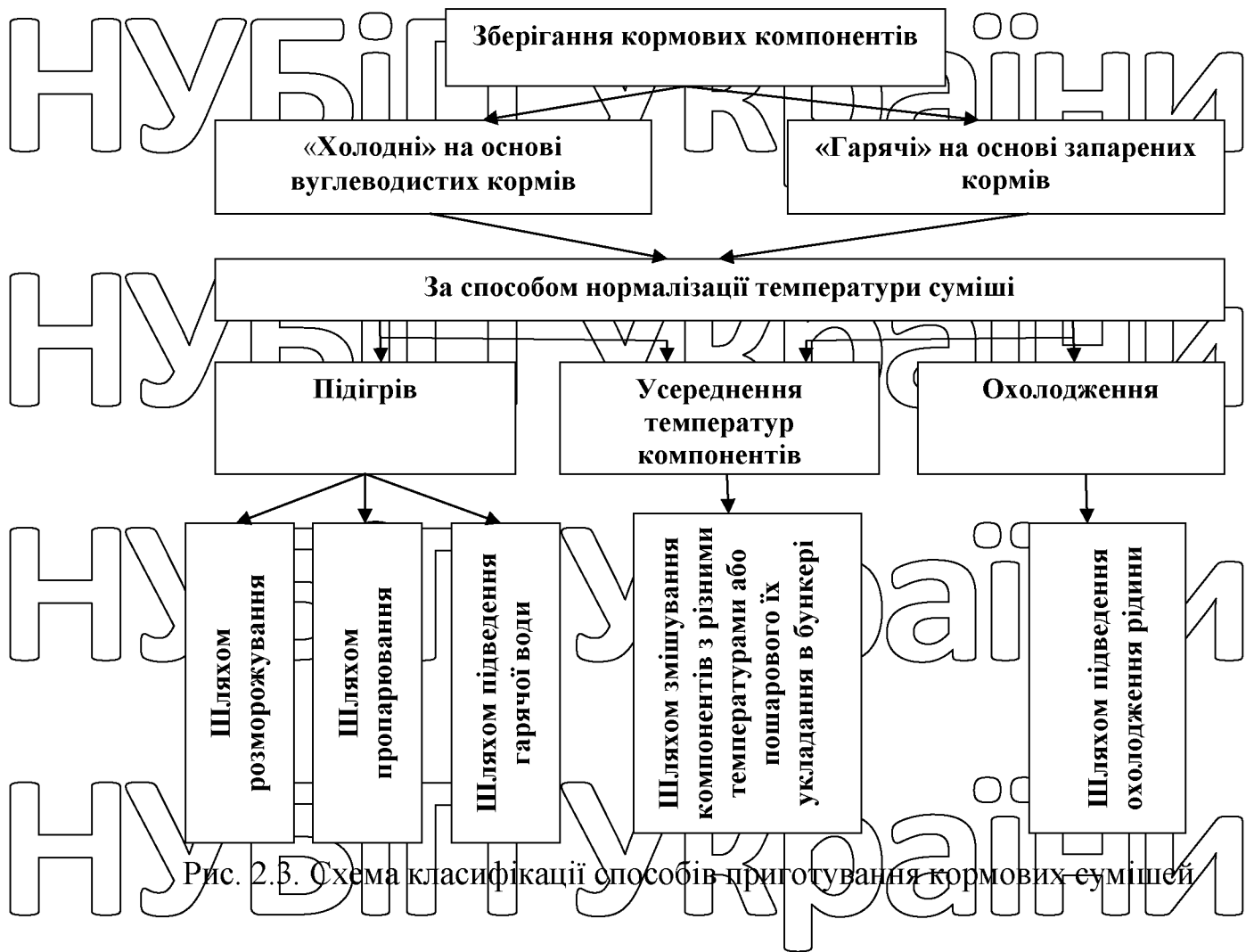


Рис. 2.3. Схема класифікації способів приготування кормових сумішей

При цьому, з одного боку, надійність функціонування систем має бути максимальною, з іншого – витрати мають бути мінімальними. Вирішення даної суперечності щодо системи механізованого годування ВРХ на сучасному етапі розвитку рослинницької та тваринницької галузі народного господарства України, ми бачимо у можливості заміни вуглеводистої сировини у вигляді коренеклубнеплодів, наприклад буряків, які багаті на цукор, але в них відсутні каротин, а тому раціон вимагає використання і моркви, багатій цим біологічно активним інгредієнтом на баштанні культури (гарбуз, кабачки, кавун кормовий та ін) і капусту.

Такий вуглеводно-вітамінний компонент містить і цукру та каротин. Водночас відомо, що виробництво, зберігання та підготовка ККП до згодовування пов'язано з високими витратами праці та коштів.

На відміну від зазначених видів ККП, виробництво баштанних (наприклад гарбуза) менш витратно, їх зберігання та в зимовий час можливо забезпечити під легкими навісами, які потребують великих капітальних вкладень. На відміну від гарбуза, моркву та буряки необхідно піддавати мийці перед використанням, тому схема із заморожуванням ККП не підходить.

Вся існуюча система механізованої годівлі пов'язана з технічними засобами миття ККП і підведена під цей вид кормової сировини. У зв'язку з цим, при розробці та проектуванні ліній приготування кормосумішей тваринам, однією з основних умов забезпечення можливості проведення об'єктивного розрахунку з оцінки ефективності, має бути враховано вся сукупність основних факторів, що впливають на функціонування оцінюваної системи.

Вище згадане можна представити наступним виразом, прийнявши його в якості економіко-математичної моделі оцінки ефективності функціонування системи механізованого годування ВРХ:

$$\begin{aligned} \Delta E_p &= \sum_{i=1}^5 \Delta E_i \rightarrow \max, \\ \text{при: } \sum_{i=1}^n B &\rightarrow \min; \sum_{i=1}^n K \rightarrow \min, \\ N_e^{\text{ПТЛ}} &= \sum_{i=1}^n N / Q^{\text{ПТЛ}} \rightarrow \min, \\ \text{при } t_k &\leq [t_k] \end{aligned} \quad (2.1)$$

де ΔE_p - річний економічний ефект щодо процесу механізованої годівлі;
 ΔE_i - річні економічні ефекти від реалізації відповідних зоотехнічних, технологічних та технічних рішень;

$\sum_{i=1}^n B$ - сумарні річні експлуатаційні витрати за прийнятим процесам;

$\sum_{i=1}^n K$ - сумарні капітальні вкладення у процес механізованої годівлі;

n - число процесів;

$N_{\text{уд}}^{\text{ПТЛ}}$ - енергоємність процесу механізованого годування тварин;

$\sum_{i=1}^n N$ - сумарні витрати енергії на процес механізованої годівлі тварин;

$Q^{\text{ПТЛ}}$ - година продуктивність технологічної лінії приготування та видачі ПРКС;

t_k - тривалість часу годівлі;

$[t_1]$ – допустима за зоотехнічними вимогами.

Складова ΔE_p у системі рівнянь (1) включає наступні елементи

$$\Delta E_p = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4 + \Delta E_5, \quad (2.2)$$

де ΔE_1 – економічна ефективність від заміни одного виду кормової сировини на іншій, яка не використовувалася або використовувалася в малих обсягах у зв'язку з відсутністю засобів механізації з його обробки, ΔE_2 – економічна ефективність від різниці витрат за порівнюваними варіантами, наприклад по обробітці ККП і баштанних культур або великокачанної капусти в системі механізованого годування тварин кормосумішами, ΔE_3 – економічна ефективність від годівлі кормовими сумішами, ΔE_4 – економічна ефективність від отриманої додаткової продукції (молоку, і т.д.) в результаті приготування більш однорідної кормової суміші, за рахунок реалізації більш раціональних способів та технічних засобів; ΔE_5 – економічна ефективність від одержання додаткової продукції в результаті реалізації раціональних способів та технічних засобів, що забезпечують більш точне дозування кормових сумішей у годівниці тварин.

Перша складова виразу (2) по суті є різниця у вартості коренеклубнеплодів та баштанних культур або капусти:

$$\Delta E_1 = \left(\frac{\sum V_{\text{ККП}}^{\text{П}}}{G_{\text{ККП}}} + V_3 \right) - \left(\frac{\sum V_{\text{Т}}^{\text{П}}}{G_{\text{Т}}} + V_3' \right) = C_{\text{ККП}} - C_{\text{Т}}, \quad (2.3)$$

Де $\sum V_{\text{ККП}}^{\text{П}}$ і $\sum V_{\text{Т}}^{\text{П}}$ – сумарні витрати на виробництво відповідно коренеклубнеплодів та баштанних культур або капусти; $G_{\text{ККП}}$, $G_{\text{Т}}$ – обсяги виробництва коренеклубнеплодів та баштанних культур або капусти; $C_{\text{ККП}}$, $C_{\text{Т}}$ – собівартість виробництва відповідно однієї тонни коренеклубнеплодів та гарбуза; V_3 , V_3' – плата за землекористування за базовим та пропонованим варіантами.

Економічна ефективність від різниці витрат на зберігання і обробітку, наприклад коренеклубнеплодів і гарбуза, рівня

$$\Delta E_2 = \left(\frac{\sum V_{\text{ККП}}^{\text{зб}} + \sum V_{\text{ККП}}^{\text{обр}}}{G_{\text{ККП}}} + V_3 \right) - \left(\frac{\sum V_{\text{Т}}^{\text{зб}} + \sum V_{\text{Т}}^{\text{обр}}}{G_{\text{Т}}} + V_3 \right), \quad (2.4)$$

де $\sum V_{\text{ККП}}^{\text{зб}}$ і $\sum V_{\text{ККП}}^{\text{обр}}$ - сумарні витрати на зберігання та обробку ККП; $\sum V_{\text{Т}}^{\text{зб}}$

і $\sum V_{\text{Т}}^{\text{обр}}$ - сумарні витрати на зберігання та обробку баштанних культур чи капусти.

Економічна ефективність від годівлі тварин сумішами:

$$\Delta E_3 = (0,075 - 0,1) \frac{q_{\text{п}} \cdot E_{\text{к}}}{E_{\text{п}}} \cdot N \cdot D \cdot Ц_{\text{р}}, \quad (2.5)$$

де $q_{\text{п}}$ - середньозважена поживність добового кормового раціону, к.од.; $E_{\text{к}}$ - енергетична цінність, МДж/к. $E_{\text{п}}$ - витрати енергії на отримання одиниці виробленої продукції МДж/кг; N - кількість тварин; D - тривалість зимовостійлового періоду; $Ц_{\text{р}}$ - реалізаційна вартість продукції.

Економічна ефективність отримання додаткової продукції за рахунок підвищення однорідності кормової суміші

$$\Delta E_4 \equiv \Delta \eta_{\text{с}} \cdot \Delta E_3, \quad (2.6)$$

де $\Delta \eta_{\text{с}}$ - коефіцієнт, що враховує приріст додаткової продукції з розрахунку на 1% однорідності кормової суміші.

Значення даного коефіцієнта визначили як

$$\Delta \eta_{\text{с}} = \Delta \eta_{\text{с}}^6 - \Delta \eta_{\text{с}}^{\text{п}}, \quad (2.7)$$

де

$$\Delta \eta_{\text{с}}^6 = \frac{\theta_{\text{ид}} - \theta^6}{\theta_{\text{ид}}}, \quad \text{а } \Delta \eta_{\text{с}}^{\text{п}} = \frac{\theta_{\text{ид}} - \theta^{\text{п}}}{\theta_{\text{ид}}} \quad (2.8)$$

У наведених рівностях: $\theta_{\text{ид}}$, θ^6 , $\theta^{\text{п}}$ - однорідність суміші при ідеальному змішуванні прийнятому за 100%; при використанні базового та пропонованого варіантів відповідно (одержують дослідним шляхом).

Економічна ефективність від реалізації заходів, забезпечуючих підвищення точності дозування кормових сумішей

$$\Delta E_5 = \Delta \eta_p \cdot \frac{q_{\Pi} \cdot E_K}{E_{\Pi}} \cdot N \cdot D \cdot C_p, \quad (2.9)$$

де $\Delta \eta_p$ - коефіцієнт, що враховує приріст додаткової продукції за рахунок реалізації заходів щодо підвищення точності дозування кормів. Значення даного коефіцієнта визначили як: $\Delta \eta_p = \Delta \eta_p^6 - \Delta \eta_p^{\Pi}$

де

$$\Delta \eta_p^6 = \frac{\delta_{ид} - \delta^6}{\delta_{ид}}, \quad (2.10), \quad \text{а} \quad \Delta \eta_p^{\Pi} = \frac{\delta_{ид} - \delta^{\Pi}}{\delta_{ид}}. \quad (2.11)$$

У наведених рівностях (2.10) та (2.11) $\delta_{ид}$, δ^6 , δ^{Π} - рівномірність видачі кормових сумішей в ідеальному випадку, прийнятому за 100%, при використанні базового варіанта, а також при використанні запропонованого варіанта механізованої годівлі тварин відповідно.

На підставі проведеного аналізу, а також прийнятих припущень і спрямованих на вирішення положень щодо механізованого годування тварин кормовими сумішами з використанням вуглеводно-вітамінного компонента розроблена узагальнена структурна схема технологічної лінії приготування таких сумішей (рис. 2.4). У схемі на рис. 2.4 прийняті такі позначення: q_6 - кількість корму на одиниці довжини бункера; ρ_6 - щільність кормової суміші в бункері роздатчик кормів; θ_6 - однорідність суміші в кормовому моноліті; n_c - кількість шарів у кормовий моноліт; t_3 - тривалість заповнення бункера, що

дорівнює $t_{\Pi} = (t_{\Pi} + t_p)$, де t_{Π} , t_{Π} , t_p - час циклу, транспортування та роздачі відповідно; $t_{\text{хх}}$ - тривалість колостого ходу собачки храпового механізму подачі; k_c - коефіцієнт, що характеризує ступінь стиснення потоку, $k_c = v_{сб} / v_{\Pi}^6$, де $v_{сб}$ - швидкість руху робочого органу збірного шнекового транспортера, v_{Π}^6 - швидкість руху транспортера, що подає, в бункері роздавача; ΔL - довжина шару; $q_{в}$ - кількість корму на вивантажувальний транспортер роздавача; v_{Π} - швидкість руху стрічки вивантажувального транспортера; k_p - коефіцієнт, що

характеризує розтягнення потоку, $k_p = v_{\text{тп}}^6 / v_a$, де v_a – швидкість руху агрегату; $t_{\text{тр}}^1$ – тривалість подачі одного плода гарбуза до подрібнювача; $t_{\text{подр}}^1$ – тривалість подрібнення одного плода гарбуза; $\delta_{\text{подр}}^1$ – нерівномірність подачі суміші з подрібнювача на приймальний транспортер; $\delta_{\text{сб тр}}$ – нерівномірність подачі корму.



Рис. 2.4. Узагальнена структурна схема процесу механізованої годівлі ВРХ на основі принципу трансформації потоків подачі ($\text{кг}/\text{м}^3$), передачі ($\text{кг}/\text{м}^2$) та видачі ($\text{кг}/\text{м}$) збірним шнековим транспортером; q_n – кількість корму на одиниці довжини годівниці; $\Delta\theta_k$ – збільшення однорідності суміші; $\delta_{\text{пт}}$, $\delta_{\text{тс}}$ та $\delta_{\text{сол}}$ – нерівномірності подачі плодів гарбуза або ін. баштанних культур або капусти, силосу та соломи, відповідно; l_0 і $l_{\text{сол}}$ – середня довжина частинок силосу та соломи, стовбурно; D_e – еквівалентний діаметр плодів гарбуза, $Q_{\text{нп}}^1$, $Q_{\text{нп}}^2$ і $Q_{\text{нп}}^3$ –

подача живильників плодів гарбуза, силосу та соломи, відповідно; $v_{\text{птр}}^i$ - швидкість подаючого транспортера живильника відповідного виду корму; λ_i - ступінь дрібнення плодів гарбуза; ω_d - кутова швидкість обертання диска подрібнювача; k_n - кількість ножів; h - виліт ножа над диском; l_n - довжина леза ножа; R_d - радіус диска подрібнювача; b - ширина вікна у диску; Δ - відстань між диском та стінкою бункера подрібнювача; C - співвідношення компонентів за варіантами; $Q_{\text{подр}}$ - пропускна спроможність подрібнювача; $N_{\text{подр}}$ - потужність, що споживається в процесі подрібнення плодів гарбуза та отримання композицій; Q_3 - нерівномірності заповнення бункера мобільного роздавача кормів; $\delta_{\text{кп}}$ - відділення порцій корму; δ_k - подачі концкормів; δ_p - дозування кормової суміші при її подачі в кормушки; $l_{\text{чр}}$ - довжина частинок (середньозважена величина); H_6 - висота кормового моноліту в бункері роздавача; B - ширина бункера кормороздавача; n_c - число сформованих шарів у моноліті; ω_6 - кутова швидкість обертання бітера; $H_{\text{п}}$ - висота пальців кормоотделителя; S - величина поздовжнього ходу бітера; $\rho_{\text{см}}$ - середньозважена щільність суміші.

Відповідно до узагальненої структурної схеми процес механізованого годування ВРХ кормовими сумішами з використанням гарбуза, кавуна кормового та ін характеризується насамперед якісними показниками процесу подачі кожного з кормових компонентів - нерівномірність подачі, яка функціонально залежить від безлічі як керованих, так і некерованих факторів.

- для процесу подачі баштанних або качанів капусти:

$$\delta_{\text{пт}} = f(D_e; v_{\text{птр}}; k_d; \dots) \rightarrow \text{птп}, \quad (2.12)$$

$$N_{\text{пт}} = f(Q_{\text{пт жв}}; \dots) \rightarrow \text{птп}, \quad (2.13)$$

де $Q_{\text{пт жв}}$ - подача живильника плодів.

Для процесу подачі силосу

$$\delta_{\text{нс}} = f(k_c; W_c; v_{\text{птр}}; \dots) \rightarrow \text{птп}, \quad (2.14)$$

- для процесу подачі соломи

$$\delta_{mc} = f(A_c; W_c; Q_{tmp}; \dots) \rightarrow \min. \quad (2.15)$$

При цьому всі три процеси подачі характеризуються енергоємністю

$$N_{tm} = f(Q_{tmp}; \dots) \rightarrow \min. \quad (2.16)$$

У той же час процес подрібнення плодів та отримання композицій, наприклад, гарбуз:силос, гарбуз:солома або гарбуз:силос:солома або комбінований силос або брикетів і гранул характеризується ступенем подрібнення отриманих частинок гарбуза - $\lambda_{подр}$, однорідністю одержуваної композицій θ_k на його основі

$$\lambda_{подр} = f(D_e; k_f; \omega_d; k_n; h; l; R_d; b; C; \dots) \rightarrow \min. \quad (2.17)$$

$$\theta_k = f(c; \omega_d; h_{шц}; \dots) \rightarrow \max. \quad (2.18)$$

При цьому, даний процес характеризується витратами енергії на здійснення подрібнення плодів та отримання заданих композицій:

$$N_{tm} = f(Q_{подр}; \dots; N_{подр}) \rightarrow \min. \quad (2.19)$$

При завантаженні бункера мобільного роздавача кормовим продуктом, але прийнятою схемою, необхідно сформувавши кормовий моноліт з постійними висотою та її щільністю за його довжиною. Цільову функціональну залежність для цього процесу представили як:

$$\delta_z = f(v_{tmp}^b; v_{сб\ tmp}^b; k_c; H_b; \dots) \leq [\delta_z]. \quad (2.20)$$

При цьому, відділення та перерозподіл частинок кормових компонентів, в процесі видачі суміші, що характеризується нерівномірністю відділення порцій корми - δ_k , а також збільшенням однорідності суміші в кормовому потоці $\Delta\theta_k$ при його передачі на поперечний транспортер роздавача

$$\delta_k = f(n_c; \omega_b; H_b; v_{tmp}; \delta; \dots) \rightarrow \min, \quad (2.21)$$

$$\Delta \theta_k = f(n_c; v_{\text{мпр}}^{\delta}; l_{\text{сп}}; \dots) \rightarrow \max. \quad (2.22)$$
 І, зрештою, якісні показники роботи мобільного роздавача як дозатора кормової суміші, залежать від сукупності всіх позначених вище керованих і некерованих факторів, а також швидкості руху агрегата

$$\delta_p = f(\delta_z; \delta_x; \phi_{\text{кв}}; v_{\text{а}}; \dots) \leq [\delta_p]. \quad (2.23)$$
 Таким чином, наведені вище положення, дозволяють на основі отриманої сукупності даних, розробляти множинні варіанти технологічних ліній приготування кормових сумішей ВРХ з користуванням гарбузового та інших вуглеводно-вітамінних компонентів, в залежності від застосування їх на зберігання у вигляді комбісілосу і, відповідно, сезону годування (осінь-зима-весна), як у природній фізичній формі, так наприклад заходів, а також у замороженій.

2.2. Логіко-імовірнісна модель надійності механізму завантаження машини для приготування і роздавання кормів

В попередніх дослідженнях МПРК Verti-Mix SF структурно, з позицій забезпечення надійності представлено як блок-схему послідовно з'єднаних підсистем: механізм завантаження (МЗ), механізм подрібнення-змішування (МПЗ), механізм вивантаження (МВ), рама з ходовою частиною (РХЧ). Представлені підсистеми є досить складними і включають значну кількість елементів. Вивчення літературних джерел і проведені дослідження по даній проблемі показують, що це питання недостатньо вивчалось в розрізі механізму завантаження кормів, з урахуванням таких складових системи, як «людина», «машина», «середовище». Виходячи з вище викладеного, метою статті є виявлення причин, що впливають на надійність і ефективність функціонування МПРК «Verti-Mix SF», а також формування логіко - імовірнісної моделі виникнення відмови механізму завантаження.

Для вирішення представленого завдання, проведемо формування логіко - імовірнісної моделі оцінки надійності механізму завантаження, як складової

система «ЛМС» на прикладі ЗПК «DeLaval». Модель формування відмов МЗ розпочинається зі встановлення послідовності небезпечних ситуацій (ПНС) - відмов підсистеми. У логіко-імовірнісній теорії аналітичний опис небезпечного стану здійснюється із застосуванням логічних функцій відмов систем (ФВС).

Аргументами ФВС є вихідні умови (ВУ) та вихідні події (ВП). Для МЗ в якості ВУ виступають відмови машин і помилки операторів. В якості вихідних подій (ВП) виступають негати́вний вплив навколишнього середовища, властивості складових кормів та їх забрудненість, стан площадок на яких працює машина.

Після складання і апробації послідовності небезпечних ситуацій, можна переходити до складання ФВС - найкоротших шляхів виникнення відмов МЗ.

Аналіз використання таких систем показує, що надійність МЗ МПК Verti-Mix SF лімітують ножі фрези і деталі приводу. Попередніми дослідженнями встановлено, що особливістю зносу і аварійних відмов ножів МЗ є те, що вони призводять до виникнення дисбалансу барабана і потребують проведення трудомісткого технологічного процесу ремонту, включаючи балансування барабана.

Практика використання МПК «Verti-Mix SF» показує, що комплексною причиною виникнення відмов МЗ є несвоєчасність контролю за станом деталей і регулювання представлених вище параметрів. ЗПК керується і обслуговується людиною-оператором, яка є важливою складовою СУС «ЛМС».

Представимо послідовність виникнення відмови МЗ у вигляді логіко-імітаційної моделі (рис. 2.5). При формуванні логіко-імітаційної моделі слід вдати відповіді на два наступні питання. По-перше, чи будуть враховані всі ВУ і ВП, які впливатимуть на ймовірність виникнення відмови МЗ, і по-друге - чи будуть запропоновані ВУ і ВП прийнятні спеціалістами в даній галузі. Врахування і реалізація вказаних питань можлива при використанні математичного апарату логіко-імітаційного моделювання.

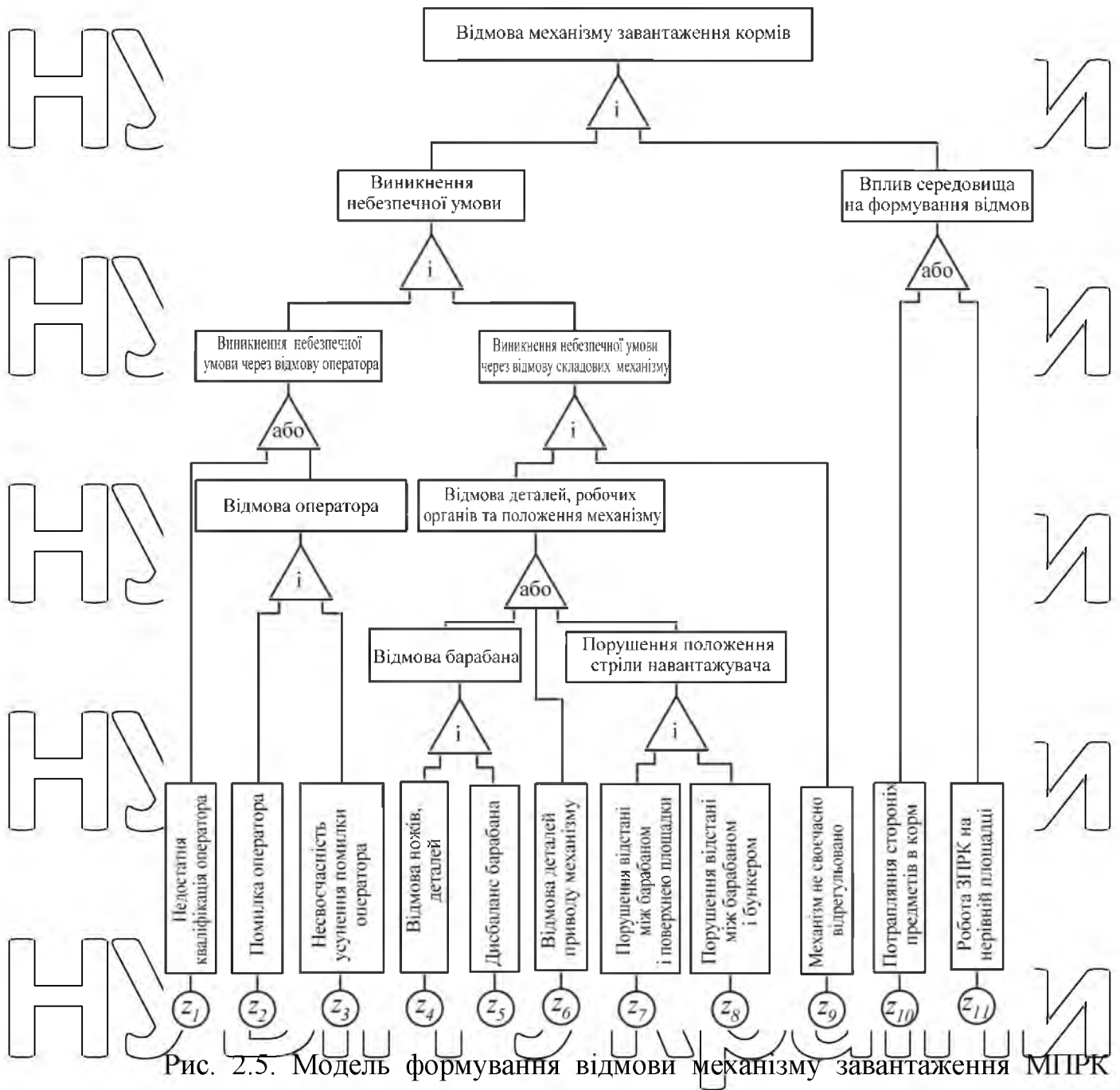


Рис. 2.5. Модель формування відмови механізму завантаження МПРК

«Verti-Mix SF» як СТС «ЛМС».

Відмова МЗ обов'язково буде мати місце, якщо виникне одна з ВУ і ВП (рис. 2.5). Вихідні умови: відмови оператора, які пов'язані з недостатньою кваліфікацією, помилкою оператора або ж несвоєчасністю усунення помилок оператором ($Z_1 - Z_3$); відмови деталей, робочих органів, положення складових МЗ ($Z_4 - Z_8$). Дослідження надійності МПРК в умовах експлуатації в господарствах Київської області встановлена відсутність своєчасного контролю

та налагодження МЗ, яке представлено на логіко-імітаційній моделі у вигляді небезпечної умови Z_9 .

Досвідом використання ЗГРК виявлено, що вихідними небезпечними ситуаціями (ВНС) може бути потрапляння сторонніх предметів в зону роботи МЗ Z_{10} або ж робота ЗГРК на нерівному майданчику Z_{11} . Представлені на моделі ВНС Z_{11} можуть призводити не лише до зміни відстані між барабаном і поверхнею майданчика, але й до пошкодження ножів, виникнення аварійних відмов МЗ. Для математичного опису представленої моделі можна використовувати логічні ФВС. Логічні ФВС можуть бути записані у вигляді логічної матриці подій Z_i :

$$y_c(Z_1, \dots, Z_{11}) \Rightarrow \begin{matrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Z_4 \\ Z_5 \\ Z_6 \\ Z_7 \\ Z_8 \end{matrix} = \begin{matrix} Z_4 \\ Z_5 \\ Z_6 \\ Z_7 \\ Z_8 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} Z_9 \\ Z_{10} \\ Z_{11} \end{matrix}. \quad (2.23)$$

Отриману логічну матрицю можна розв'язати розкривши дужки і отримавши логічні функції відмов підсистеми МЗ у вигляді диз'юнкції найкоротших шляхів та мінімальних перерізів попередження відмов [12]. Досліджуючи ФВС - найкоротші шляхи виникнення відмови та ФВС - мінімальні перерізи попередження відмов, приходимо до висновку, що для запобігання відмов механізму завантаження необхідно своєчасно проводити контроль та регулювання стану робочих органів, деталей МЗ, тобто Z_9 .

Представлену модель і матрицю (1), в яких ФВС не містять повторних аргументів, можна вирішити без ортогоналізації. Виходячи з цього, ймовірність виникнення відмови підсистеми МЗ можна представити в наступному вигляді:

$$P_{\text{під}} = G_9 \cdot [1 - P_1 \cdot (1 - G_2 \cdot G_3)] \cdot [1 - P_6 \cdot (1 - G_4 \cdot G_5)] \times \\ \times [1 - P_8 \cdot (1 - G_7 \cdot G_8)] \cdot [1 - G_{10} \cdot G_{11}], \quad (2.24)$$

де G_i - імовірність безвідмовної роботи;

P_i - імовірність відмови.

Для розв'язку аналітичної залежності (2.24) підставляються вихідні дані ймовірностей подій Z_i , які взяті з протоколів випробувань МЗРК в умовах експлуатації в Київській області. На підставі цього виникає реальна можливість

проведення досліджень динаміки зміни ймовірності виникнення відмов МЗ системи «ЛМС» ЗПРК. Проведемо дослідження впливу складових «людина», «машина», «сереловище» на надійність підсистеми МЗ ЄТС та представимо результати в графічному вигляді (рис. 2.5).

Як показує представлений на рис. 2.5 аналіз МПРК, графічні залежності підтверджують їх наростаючий характер. Але, разом з тим, важливо простежити вплив складових «Л», «М», «С» на формування відмови МЗ. Переважаючий вплив на імовірність виникнення відмови МЗ мають складові «машини» Z_6 - «відмова деталей приводу механізму», Z_8 «порушення відстані між барабаном і бункером» та «людина-оператора» Z_7 - «несвоєчасне усунення помилки оператора». Необхідно відзначити, що складова Z_3 носить нелінійний характер та із збільшенням імовірності вихідної події в межах 0,5 ... 0,7 наближається до значення Z_6 і Z_8 .

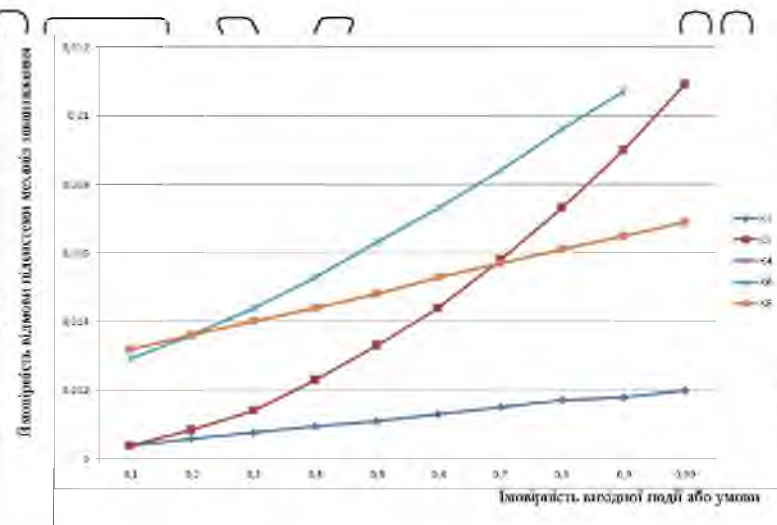


Рис. 2.6 Графік залежності ймовірності виникнення відмови МЗ МПРК «Vepi-Mix SE» від стану складових при несвоєчасному регулюванні механізму.

Вивчення отриманих моделей та графічних залежностей відкриває можливість дослідження, аналізу і синтезу причин відмов, і відповідно, необхідність постановки завдань щодо посилення вимог до окремих складових ЄТС «ЛМС» ЗПРК, які забезпечать необхідний рівень її надійності.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.2. Програма досліджень

Для перевірки і підтвердження основних положень аналітичних досліджень, викладених у розділі 2, необхідне проведення експериментальних робіт, результати яких сумісно з аналітичними, могли б бути покладені в основу пропозицій і рекомендацій щодо підвищення надійності МПРК в процесі експлуатації. Джерелами інформації експериментальних досліджень надійності МПРК є результати їх випробувань в реальних умовах експлуатації та звіти випробувань машин на машино-випробувальних станціях. Для вирішення поставлених в магістерській кваліфікаційній роботі задач розроблено програму і методику експериментальних досліджень. Аналіз виробничих умов та особливостей експлуатації МПРК.

1. Визначення причин відмов робочих органів МПРК.
2. Встановлення планів випробувань на надійність МПРК.
3. Вибір та обґрунтування методів проведення експериментальних досліджень надійності МПРК.
4. Експериментально-статистичні досліджень наробітку на відмову та часу їх усунення механізму завантаження МПРК.
5. Оцінка показників надійності МПРК за основними видами пошкоджень.
6. Методика обробки експериментальних даних.

3.2. Вибір та обґрунтування основних методів проведення експериментальних досліджень

В процесі вирішення та реалізації поставлених в магістерській кваліфікаційній роботі задач, використовуються наступні наукові методи і способи досліджень: метод дослідження оцінки експлуатаційної надійності МПРК і динаміки зношування деталей МЗ; методи резервування елементів та підсистем з низькою ймовірністю безвідмовної роботи; статистичні методи

проведених досліджень та обробка експериментальних даних. При проведенні експериментальних досліджень використовуються класичні, пасивні, активні та довільні форми спостережень [27].

Перший етап являє собою пасивну форму спостережень, тобто проходить без стороннього втручання в особливості процесу. Другий етап передбачає узагальнення накопичених даних, їх аналіз та формування методики проведення експериментів більш високого рівня. Третій етап побудований на дослідженнях у вигляді активного, класичного або довільного експерименту.

Дані форми спостережень передбачають вивчення процесів у наперед визначених умовах. Для даних видів спостережень визначається вплив різних факторів з метою отримання певних закономірностей. Використання пасивного експерименту для спостереження в умовах рядової експлуатації, не передбачає внесення змін в проходження процесу завантаження стеблової маси та силосу МПРК. Відповідно до цього не вимагається втрат коштів на зміни в конструкції та використанні машини. Активний експеримент використовується для дослідження довговічності серійних та експериментальних ножів МЗ МПРК. Експериментальні дослідження проводяться у відповідності до ДСТУ.

3.3. Обґрунтування умов і вибір об'єктів проведення експериментальних досліджень та методика збирання статистичних даних

Об'єктами досліджень, які проводяться в магістерській роботі є механізм завантаження МПРК: самохідний кормозмішувач Verti-Mix SF.

Експериментальні роботи та спостереження проводяться на фермах для утримання ВРХ ТОВ «Северин» Черкаської області». Для визначення видів пошкоджень, оцінки частоти їх виникнення та довговічності деталей, проводяться експертні опитування головних спеціалістів господарств.



Рис. 3.1. Самохідний кормозмішувач Vesti-Mix SF.

Для отримання статистичної інформації по надійності МПРК, проводяться спостереження за їх станом в період експлуатації та відновлення працездатності.

Необхідно врахувати рік випуску та технічний стан даної машини. Дослідження за роботою МПРК проводяться у виробничих умовах згідно плану ДСТУ 25.012-98.

Показники надійності МПРК досліджуються в умовах експлуатації, за допомогою програми експериментальних досліджень: збір інформації при періодичних або разових спостереженнях за МПРК; збір інформації при постійних спостереженнях за надійністю МПРК; первинна обробка даних про відмови з метою їх підготовки до обробки для оцінки показників надійності МПРК; хронометражні спостереження за МПРК.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОРМОЗМІШУВАЧА

4.1. Аналіз самохідного кормозмішувача фірми Strautmann

Самохідні кормозмішувачі фірми Strautmann істотно полегшують процес годівлі ВРХ, економлять час, кошти та трудовитрати. Гомогенне змішування кормової маси не дає можливості ВРХ відбирати компоненти, яким вони віддають перевагу. Всі тварини отримують фізіологічно оптимальну їжу і менш схильні до хвороб. В результаті покращується здоров'я худоби та підвищується рентабельність господарства. Корисний об'єм 11-22 м³. Завантаження, змішування та роздавання кормової суміші за допомогою однієї машини. Точне годування. Використання 6-циліндрового двигуна.



Рис. 4.1. Самохідний кормозмішувач Verti-Mix SF

Самохідний кормозмішувач Verti-Mix SF оснащено ступінчастим змішувачим шнеком IMS. Завдяки запатентованій системі регулювання ножів змішувачий шнек IMS можна оптимально налаштувати для настрою ферми ВРХ. Міцний кутовий редуктор, що не вимагає трудомісткого обслуговування, забезпечує довгий термін служби навіть у вимогливих умовах експлуатації.

Переваги: низька споживана потужність; оптимальна структура корму; гомогенне змішування; енергозберігаючий, короткий час змішування; комфортна кабіна оператора машини; безпечне скління з 3 сторін та викинуте

вітрове скло для оптимального огляду; зовнішні дзеркала, що обігріваються; сидіння водія з пневмспідвіскою; регульована рульова колонка, інтуїтивне та просте управління.



Рис. 4.2. Кабіна водія (а) та ваговий пристрій (б) самохідного кормозмішувача.

Кормозмішувач оснащено серійно програмованим ваговим пристроєм. Можливість передачі даних за допомогою флеш-карти USB для контролю за годівлею та додатковий індикаторний прилад AV 70 в якості опції. Керування здійснюється за допомогою джойстика та тумблерів для допоміжних функцій. Зручний дисплей з оглядовою індикацією основних функцій та операцій.

Самохідний кормозмішувач може бути оснащено варіо-шнеком – адаптивним та потужним для будь-яких застосувань (рис. 4.3а). Патентований пристрій переміщення ножів дозволяє оптимально встановити змішувальний варіо-шнек залежно від умов експлуатації. Міцна і не потребує трудомісткого обслуговування кутова передача забезпечує тривалий термін служби навіть за несприятливих умов експлуатації.



Рис. 4.3. Змішувальний шнек IMS (а), змішувальний шнек IMS з зносостійким елементом „INNODUR“ (б).

Переваги шнеку: зносостійкий елемент «INNODUR» значно збільшує термін служби IMS-шнеку (рис. 4.3, б). Елементи з нержавіючої сталі товщиною 5 мм та шириною 100 мм. Елементи прикручуються до витків шнека в нахльст один на одного. Можливе встановлення будь-якої міти завдяки заздалегідь підготовленим отворам. Змішувальний шнек IMS у виконанні Heavy-Duty з витками товщиною 20 мм для стійкості, підвищеної на 50% (= на 50% зниження витрат на зношування деталей).

Самохідний кормозмішувач Vert-Mix SF оснащено високоєфективною системою магнітної сепарації металевих сторонніх тіл. Оптиміальний захист здоров'я ваших високопродуктивних корів. Ефект досягається завдяки прямому безпосередньому контакту зі кормом, що змішується.



Рис. 4.4. Шнек з магнітною системою сепарації металевих сторонніх тіл (а), результат магнітної сепарації корму (б)

Самохідний кормозмішувач Vert-Mix SF може бути оснащеним різними варіантами ножів для гомогенного змішування та найкращої якості корму. Це: індивідуальне пристосування до приготування корму залежно від компонентів; проста установка; ножі для соломи; ножі для рулонів: ідеальні для подрібнення круглих рулонів; ніж для коренеплодів; додаткове подрібнення буряків, картоплі та ін.



Рис. 4.5. Різні варіанти ножів для змішувального шесу IMS.

Самохідний кормозмішувач оснащено фрезерним агрегатом для оптимальної продуктивності завантаження корму з силосної ями або ж бурта.

Вископродуктивна фреза обладнана 60 гнутими ножами для виїмки кормової маси з ідеально рівної забірної поверхні. Чистий підбір навіть тужких сліпких матеріалів, висока швидкість виїмки всіх видів силосу, можливість реверсу конвеєра при досягненні потрібної ваги, для повернення надлишкової кормової маси до сховища.



Рис. 4.6. Фрезерний агрегат самохідного кормозмішувача Verti-Mix SF

Фрезерний агрегат розташований посередині за польовою фрезою, для швидкого потоку матеріалу із збереженням структури кормової маси.

Елеваторний конвеєр з гуми, що плавно працює і не вимагає трудоміткого обслуговування. Оснащено гідравлічним приводом, що забезпечує плавне регулювання швидкості та можливість реверсування для точного

вилучення компонентів. Забезпечено автоматичне опускання фрезерної секції

для швидкої та менш трудоміткої роботи. Ширина фрези 2 м, встановлено 114 ножів, які ефективно відбирають кормову масу із силососховища. З них, 60 вигнутих ножів (серійно) та 54 прямих ножі (опціонально). Спиральне

розташування ножів для максимальної продуктивності виїмки та збереження чистої поверхні зрізу.



Рис. 4.7. Високопродуктивна фреза самохідного кормозмішувача Verti-Mix SF

Розглянемо вивантажувальний транспортер самохідного кормозмішувача Verti-Mix SF. Вивантажувальний транспортер може бути розміщено ззаду (ідеальне рішення для кореток кормових делянок), зі зсувом у бік.



Рис. 4.8. Поперечний транспортер: а - зі зсувом у бік; б – подовжений; в - Вивантаження ззаду праворуч та ззаду зліва

3.2. Системний аналіз кормозмішувача Verti-Mix SF

Самохідний змішувач кормозмішувача Verti-Mix SF складається з дизельного агрегату, завантажувального пристрою, конвеєра, змішувального та розвантажувального пристроїв. Двовимірний ескіз показаний на рис. 3.9.

Потужність усієї машини забезпечується дизельним двигуном, який приводить в дію гідралічний насос. За допомогою клапана можна змінювати напрямок потоку гідралічного масла, таким чином змінюючи напрямки руху двигунів, що приводять в рух опорні колеса, і дозволяючи всю машину, рухатися вперед або назад. Завантажувальний пристрій складається в основному з ролика та різців.

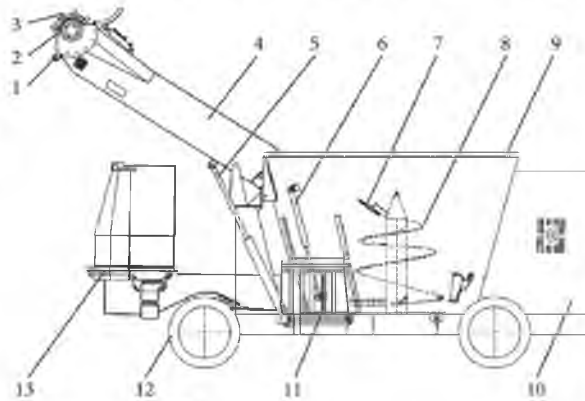


Рис. 4.9. Конструкція самохідного кормозмішувача: 1 – опорне колесо; 2 – ролик; 3 – різець; 4 – конвеєр; 5 – підйомний гідроциліндр; 6 – нагнітальний гідроциліндр; 7 – рухома лопатка; 8 – шнек; 9 – бункер; 10 – блок дизельного двигуна; 11 – розрядний пристрій; 12 – опорні колеса; 13 – кабіна.

Під час операції завантаження в силосну яму роторні фрези, прикручені до спірального леза, змішують нарізаний силосний матеріал до центру завантажувального пристрою, і матеріал швидко викидається на конвеєр, щоб запобігти закупорці. Змішувальний пристрій складається в основному з вертикального спірального шнека та бункера і використовується для змішування сирих кормів і концентрованих кормів.

Самохідний змішувач був розроблений для реалізації інтегрованої годівлі на пасовищі з високою ефективністю. Самохідні змішувачі, подібні розглянутому тут, зіграли важливу роль у прискоренні використання соломи як корму. Це є одним із компонентів реалізації політики «зерно на корм» з метою

пом'якшення проблем, що виникають, коли люди та худоба конкурують за зерно.

Порядок роботи. Самохідний кормозмішувач реалізує суміщені функції завантаження і транспортування матеріалу із силосної ями, змішування грубих кормів і концентрату, транспортування і вивантаження раціонів. 3D-візуалізація всієї машини показана на рис. 3.10.

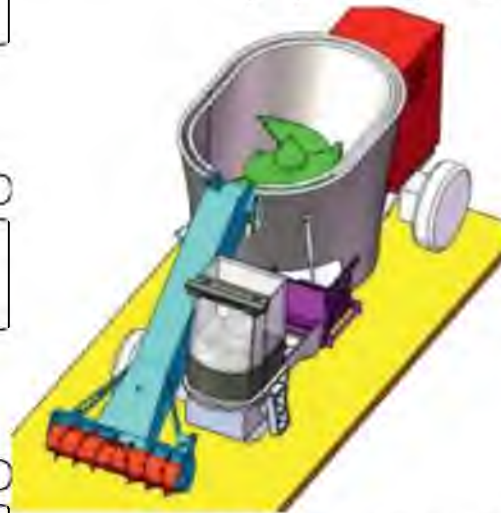


Рис. 4.10. 3D-візуалізація самохідного кормозмішувача.

Під час роботи машини завантажуються різноманітні корми залежно від раціону. Підйомна дія завантажувального пристрою на матеріал у силосній ямі та рух конвеєра здійснюється зворотно-поступальним рухом штока поршня підйомного гідроциліндра подвійної дії. Розрізання матеріалу в силосній ямі виконується обертовим завантажувальним роликком (рис. 3.9 (2)), а потім зрізаний матеріал транспортується до бункера (9) змішувального пристрою конвеєром (рис. 3.9 (4)). Спіральна поверхня, радіально розподілена вздовж шнека, що приводиться в рух гідравлічним двигуном (рис. 3.9 (8)), обертається разом із центральним валом, і матеріал рухається вздовж окружного та осьового напрямків спіралі. Коли цей матеріал накопичується на певну висоту, він вільно падає. Коли спіральна попатка проходить крізь матеріал, на нього діють сили

інерції та тертя, що може спричинити тривимірне перемішування в осьовому, окружному та радіальному напрямках.

Процес змішування — це в основному зсувне змішування разом із деяким дифузійним і конвективним змішуванням. В результаті різні матеріали в змішувальному бункері ретельно перемішуються спіральним шнеком. Після того, як машина була загнана в сараї для великої рогатої худоби, оброблені однорідні раціони доставляються безпосередньо до великої рогатої худоби через розвантажувальний пристрій відповідно до індивідуальних потреб великої рогатої худоби, і таким чином усе завдання від обробки до постачання раціонів завершено.

4.3. Матеріали та методи системних досліджень

Модель зчеплення SPH-FEM. Діаграма зв'язку частинок SPH і сіток FEM показана на рис. 3.11.

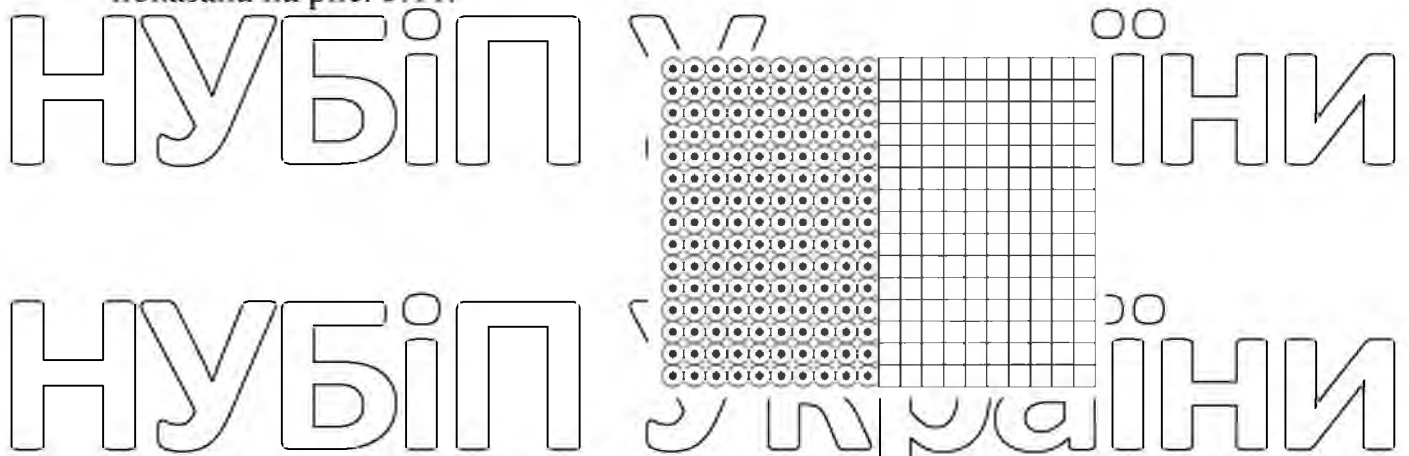


Рис. 4.11. Схематична діаграма зчеплення частинок SPH з FEM сітки.

Ліворуч розташовані частинки SPH в області великої деформації, а справа — сітка FEM в області малої деформації. Частинки SPH на інтерфейсі зв'язку знаходяться у взаємній відповідності з вузлами сітки FEM, і передача механічних параметрів здійснюється через обмеження функції штрафу [32]. Для обмежень контактних границь для частинок SPH і сіток FEM, зв'язок визначається як фіксований роз'єднаний контакт типу контакту вузол-поверхня

з програмного забезпечення ANSYS/LS-DYNA 971. Критерій відмови для фіксованого рез'єднаного контакту [33, 34]:

де f_n – нормальна сила (Н); f_s – сила зсуву (Н); $f_{n,fail}$ – нормальна сила

$$\left(\frac{|f_n|}{f_{n,fail}}\right)^{m_1} + \left(\frac{|f_s|}{f_{s,fail}}\right)^{m_2} \geq 1,$$

руйнування (Н); $f_{s,fail}$ – сила руйнування при зсуві (Н); m_1 – індекс нормальної сили, m_2 – індекс поперечної сили.

Проведемо спрощення та припущення імітаційної моделі. Ролик (1) і спіральне лезо зварені разом, тоді як різці та спіральне лезо з'єднані болтами. У спрощеній моделі є такі деталі, як болти та гайки які ігноруються, а матеріал завантажувального різального ролика вважається ізотропним лінійно-пружиним, щоб зменшити час моделювання [35–37].

Припускається, що під час різання силосного матеріалу швидкість обертання та вертикальна швидкість руху завантажувального різального ролика є постійними, а відстань між валом ролика та силосним матеріалом визначається в одній площині, тобто глибину зрізу силосного матеріалу приймають постійною.

Скінченно-елементна модель валика для силосування та завантаження. У програмному забезпеченні SolidWorks (версія 2016) створюється тривимірна суцільна модель силосу та ріжучого валика, яка імпортується в ANSYS для попередньої обробки. Силосний матеріал моделюється як прямокутний куб із габаритними розмірами 2000 мм × 150 мм × 1000 мм за допомогою моделі матеріалу *MAT173 (*MAT_MOHR_COULOMB) від ANSYS/LS-DYNA 971, яка підходить для гранульованих матеріалів. Класичний вираз для міцності на зсув:

$$\tau_{max} = C + \sigma_n \tan \phi, \quad (4.2)$$

де τ_{max} – максимальна напруга зсуву (МПа),

C – когезія (МПа),

σ_n – нормальна напруга (МПа),

ϕ – кут внутрішнього тертя (градуси).

Модель жорсткого матеріалу *MAT_020 (*MAT_RIGID) від ANSYS/LS-DYNA 971 використовується для завантажувального різального валика, щільність матеріалу валика становить 7830 кг/м^3 , модуль пружності $2 \times 10^5 \text{ МПа}$, і коефіцієнт Пуассона $0,3$. Конструкційна ширина різального ролика 1600 мм , кількість різців 48 , товщина кожного різця 4 мм . Скінченно-елементна модель різця в програмному забезпеченні ANSYS показана на рис. 3.12, а.

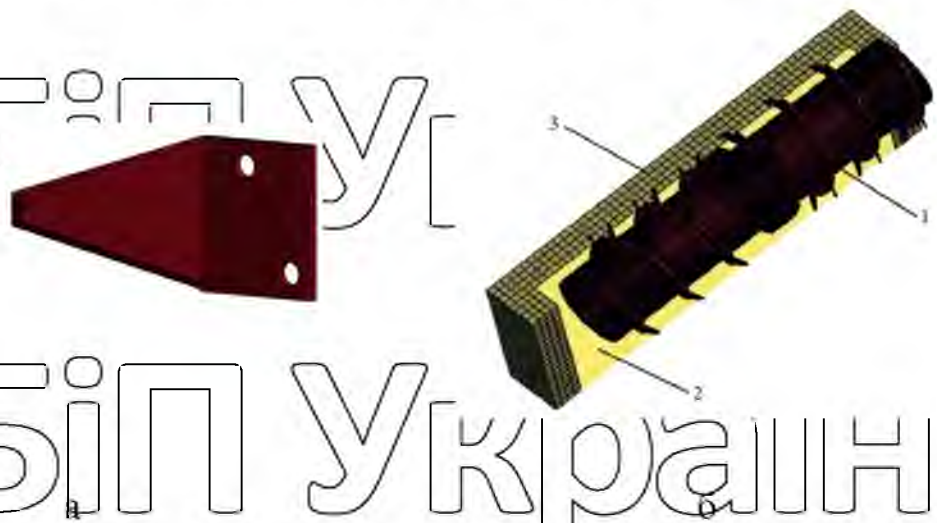


Рис. 3.13, Скінченно-елементна модель фрези (а) та спрощена кінцево-елементна модель завантажувального різального валика (б): 1-завантажувальний різучий валик; 2 - внутрішній силос; 3- зовнішній силос.

Згідно з властивостями матеріалу в місцевій силосній ямі та даними з літератури, щільність силосу прийнята рівною 420 кг м^{-3} , кут тертя – 34° , модуль зсуву – 21 МПа , а когезія – $6,2 \cdot 10^7 \text{ МПа}$, тоді як інші параметри силосного матеріалу встановлюються відповідно до значень за замовчуванням *MAT_173 в ANSYS/LS-DYNA 971. Вся імітаційна модель складається з трьох частин: завантажувального різального ролика, внутрішнього силосу (SPH), а зовнішній силос (FEM). Має бути простір між внутрішнім і зовнішнім силосом, щоб уникнути початкової проблеми проникнення під час моделювання. Як внутрішній, так і зовнішній силос подляють на шестигранні сітки методом

підмітання, причому розмір вічка для зовнішнього силосу є більшим, ніж для внутрішнього силосу. Щоб підвищити точність результатів моделювання, для завантажувального різального ролика використовується метод вільної сітки, а на різальній кромці виконується локальне уточнення сітки. Тип елемента ріжучого ролика встановлюється як 3D Solid164, а внутрішній силос перетворюється на частинки SPH методом твердих вузлів.

Спрощена модель валика для силосування та завантаження наведена на рис. 4.13, б. Усі вузли внизу кінцево-елементної моделі на рис. 4.13,б визначені

як група вузлів 1, усі частинки SPH внутрішнього силосу визначені як група вузлів 2, шар частинок SPH поблизу зовнішнього силосу визначено як група вузлів 3, а зовнішня сторона зовнішнього силосу визначена як група поверхні 1.

Ріжучий ролик встановлено як основний контакт, а групу вузлів 2 як ведений контакт. *NODES_TO_SURFACE_CONSTRAINED_OFFSET додано для визначення типу контакту між групою вузлів 3 і зовнішнім силосом.

Зовнішній силос встановлюється як головний контакт, а група вузлів 3 – як підлеглий контакт. *BOUNDARY_SPH_SYMMETRY_PLANE додано, щоб встановити площину симетрії групи вузлів 2 як YOZ. Швидкість обертання

завантажувального фрезного ролика прийнята $240 \text{ об} \cdot \text{хв}^{-1}$, а вертикальна

поступальна швидкість — $8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (для конструкції самохідного змішувача TMR обрано гідромотор BM4-390). Для приводу обертання завантажувального різального валика, а його робоча швидкість становить $240 \text{ об} \cdot \text{хв}^{-1}$. Крім того,

радіальна відстань між кінчиком різця та центром валика становить 320 мм.

Отже, попередня швидкість різців можна обчислити за формулою $V = 2\pi n / 60000$, що дорівнює $8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). Щоб гарантувати, що завантажувальний ріжучий ролик може вирізати всю зону моделі силосу протягом часу моделювання, це значення встановлено на 200 мс. Усі обмеження руху, крім трансляції вздовж осі Y і обертання навколо осі X, застосовуються до завантажувального різального ролика.

Розглянемо конструктивні параметри змішувального пристрою. Змішувальний пристрій самохідного змішувача складається з бункера та спірального шнека; тривимірні модельні структури яких показані на рис. 3.14.



(a)



(b)

Рис. 3.14 Змішувальний пристрій: бункер (а); шнек (б).

Структура бункеру має форму зрізаного конуса з об'ємом, заданим як

$$V = \frac{1}{3} \pi H \times (R_1^2 + R_2^2 + R_1 R_2),$$

де R_1 і R_2 - нижній і верхній радіуси бункера, а H - висота бункера.

Підставляючи значення 1260 мм, 1870 мм і 2300 мм для R_1 , R_2 і H відповідно, можна отримати об'єм. Об'єм змішувального бункера становить:

17,92 м³, і коли об'єм, зайнятий спіральним шнеком, видалено (об'єм спірального шнека розраховано за допомогою програмного забезпечення для 3D-проекування SolidWorks), ефективний об'єм змішувального бункера дорівнює отримано, що становить близько 16 м³. Кут між боковою та нижньою стінками таких бункерів зазвичай знаходиться в межах 105°–120°, а в даній роботі прийнято 106°, що відповідає вимозі плавного ковзання змішаного матеріалу по стінці урни.

Змішування матеріалу в бункері є відносно складним процесом, головним

чином залучаючи три режими зсуву, дифузії та конвекції; кут, діаметр і крок

лопати спірального шнека є основними структурними параметрами, які впливають на переміщення матеріалу:

$$\operatorname{tg} \alpha = S : \pi d \quad (4.5)$$

де S - крок спіральної лопати шнека (взято тут як 440 мм).

Взявши d мінімальний діаметр лопати спірального шнека (768 мм), виявлено, що $\alpha = 10,34^\circ$ і $n_c = 32 \text{ об/хв}^{-1}$, тоді як беручи d максимальний діаметр лопати (2470 мм), $\alpha = 3,25^\circ$ і $n_c = 15 \text{ хв}^{-1}$.

Теоретичний критичний діапазон швидкості шнека, який є найнижчою швидкістю, з якою частинка матеріалу на спіральній лопаті шнека може бути піднята становить $15\text{--}32 \text{ хв}^{-1}$. Оскільки спіральний шнек має конічну структуру, критична швидкість частинок матеріалу змінюється залежно від положення на

лопаті, і теоретична критична швидкість може відрізнятися від фактичної робочої швидкості змішування. Отже, робочу швидкість шнека для оптимального змішування матеріалу необхідно визначати експериментально.

4.2. Класифікація робочих органів типу «ніж» машин для приготування і роздавання кормів

Зростаюча вартість МПРК та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення, які включають підвищення їх продуктивності, ефективності та надійності, зниження матеріаломісткості та енергоємності.

Одним із шляхів зменшення собівартості тваринницької продукції є зниження витрат на відновлення праездатності ЗИРК та їх робочих органів.

Провідними заводами-виробниками МПРК виготовляються понад 100 різних модифікацій робочих органів МПРК типу «ніж» і їх кількість постійно зростає. Це вказує на те, що заводи-виробники займаються удосконаленням конструктивних параметрів робочих органів МПРК із урахуванням зоотехнічних вимог та енергетичних показників. Попередніми дослідженнями встановлено, що надійність механізму подрібнення-змішування МПРК в значній мірі лімітується довговічністю робочих органів. Удосконалення існуючих та розробка нових конструктивних рішень робочих органів МПРК здійснюється на основі вивчення умов експлуатації та характерних пошкоджень, математичних моделей взаємодії з кормами та врахуванням результатів оптимізації їх параметрів. Конструкції робочих органів МПРК представляють собою ріжучий апарат, що складається з шнека, вала або барабана з ножами.

Якщо порівняти хімічний склад, механічні властивості, а також дані з технології виготовлення робочих органів сільськогосподарських машин провідних зарубіжних фірм з аналогічними показниками робочих органів вітчизняного виробництва можна побачити, що вони перевищують вітчизняні аналоги по міцності і мають на 20-25% вищу довговічність.

Виходячи з вивчення нормативно-технічної документації, інструкцій та каталогів, проведеного аналізу літературних джерел, робочі органи типу «ніж» МПРК можна умовно класифікувати на наступні основні групи:

- сегментного типу з прямим ножем, сегментного типу з лівим зогнутим ножем; сегментного типу з правим зогнутим ножем;
- ніж зігнутий;
- ніж із зігнутим лезом лівим; ніж із зігнутим лезом правим;
- ніж із гладким круглим лезом і квадратним отвором; ніж із гладким круглим лезом і отвором;
- ніж із зубчатим круглим лезом (9-13 зубців);
- ніж із SEKO зірочкою I; ніж із SEKO зірочкою II; ніж із SEKO зірочкою III;

- ніж із квадратним гладким лезом і квадратним отвором; ніж із квадратним гладким лезом і круглим отвором;

- сегментні ножі із зубчатим лезом лівим; сегментні ножі із зубчатим лезом правим;

- ніж із полу круглим гладким лезом і квадратними отворами; ніж із полу круглим гладким лезом і круглими отворами;

- ніж із зубчатим лезом і круглими отворами; ніж із зубчатим лезом і квадратними отворами; ніж із зубчатим лезом і овальними отворами;

- леза з вольфрамовим покриттям.








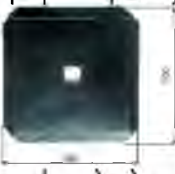



Рис. 3.15. Класифікація робочих органів типу ніж машини для приготування і роздавання кормів.

Дослідження, що проведені за останні роки, підтвердили, що запропонована класифікація ножів розвивається паралельно з розробкою нових та удосконаленням існуючих конструкцій МПРК та робочих органів, а це вказує на необхідність постійного їх моніторингу. З огляду на широкую номенклатуру ножів, особливості їх роботи та конструктивне виконання, підвищення довговічності і забезпечення ремонтпридатності слід розглядати через вивчення конструкції і розробку технології відновлення. Аналіз представленої

класифікації показує, що відновлення ножів ЗПРК такої широкої номенклатури потребує детального вивчення, дослідження ремонтного фонду для кожної групи деталей і може бути забезпечене шляхом розробки технологічних процесів відновлення. Технічна характеристика та класифікація ножів Strautmann представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1
Технічна характеристика та класифікація ножів Strautmann

№ п. п.	Типи ножів	Приклади ножів	Кормозмішувачі на які встановлюються ножі	Параметри ножа	Серійний номер
1.	Універсальний горизонтальний		AGM, Sagiboldi, Faresin, Strautmann	Пряме гладке лезо Ø 8,5 мм Товщина 3,0 мм	90007, 308428750, 60644505
2.	Універсальний горизонтальний			Пряме гладке лезо Ø 6,5 мм Товщина 3,0 мм	90007-6.5, A7153002, CL 07.27, 60613007
3.	Універсальний горизонтальний		AGM, Sagiboldi, Faresin, Strautmann	Пряме гладке лезо Ø 8,5 мм Товщина 3,0 мм	90008, similar30842 8750, 60644505
4.	Універсальний горизонтальний			Зубчає лезо, 31 зубець Ø 8,5 мм Товщина 3,0 мм	90008S similar30842 8750, 60644506 teethed
5.	Універсальний горизонтальний		Strautmann, Seko, Zago	Квадратне гладке лезо, квадратний отвір 11/11 мм	90023.00.00, 244790102, 21803501, 60503500

6.	Універсальний горизонтальний		Товщина 5,0 мм Квадратне гладке лезо, квадратний отвір 11/11мм Товщина 5,0 мм	90023-1, 244790102, 21803501, 60503500
7.	Універсальний горизонтальний		Strautmann, Seko Квадратне гладке лезо, квадратний отвір 11/11мм Товщина 6,0 мм	90023-2, 244790102, 21803501, 60503500
8.	Універсальний горизонтальний		Strautmann, Kuhn, Zago Товщина 5,0 мм	90023-12,5 A7153000
9.	Універсальний горизонтальний		Квадратне гладке лезо Ø 12,5мм Товщина 5,0 мм	90023-1-12,5, A7153011

Представлені напрями можуть бути використані для подальших науково-практичних досліджень з метою підвищення надійності ЗПК та довговічності їх робочих органів.

За результатами аналізу технічних характеристик та проведення класифікації ножів встановлено, що в МПК Strautmann використовуються ножі з прямим гладким лезом та квадратним гладким лезом і квадратним отвором.

РОЗДІЛ 5. ВИМОГИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОРМОРОЗДАВАЧІВ-ЗМІЩУВАЧІВ

5.1. Вимоги охорони праці при використанні кормороздавачів-зміщувачів

Кормороздавач виготовлений відповідно до обов'язкових вимог державних стандартів та чинної технічної документації. При роботі

кормороздавача можлива дія небезпечних та шкідливих виробничих чинників на обслуговуючий персонал. При дотриманні рекомендацій та заборон, описаних у цьому параграфі, можна зменшити загрозу для операторів машин, сервісних працівників, слюсарів-ремонтників.

При обслуговуванні кормороздавача-змішувача керуватися загальними вимогами безпеки. До роботи з кормороздавачем-змішувачем допускаються трактористи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки згідно з ГОСТ 12.0.004-90 та знаючі правила експлуатації згідно з цим керівництвом. Щоразу перед початком роботи слід перевірити кормороздавач-змішувач та трактор на предмет безпеки експлуатації та транспортування.

Підготовку кормороздавача-змішувача до роботи виконувати відповідно до вказівок параграфу 5.2. Але додатково слід перевірити наступні параметри. Номінальний тиск оливи в гідросистемі 16 МПа. Частота обертання ВВП трактора 9 с^{-1} (540 хв^{-1}). Під час експлуатації кормороздавача-змішувача необхідно використовувати приталений одяг.

Забороняється:

- агрегатувати кормороздавач-змішувач з тракторами типу К-701, Т-150К;
- включати ВВП і гідросистему трактора, не переконавшись, що робота механізмів кормороздавача-змішувача нікому не загрожує;

- експлуатувати кормороздавач-змішувач зі знятими або пошкодженими захисними огороженнями карданного валу та ланцюгових контурів;

- працювати при несправній гальмівній системі та електрообладнанні, ненадійному кріпленні або відсутності захисних кожухів;

- залишати кормороздавач-змішувач, загальмований гальмом стоянки на схилі понад 18%;

- перевозити людей;

– проводити обслуговування та ремонт кормороздавача-змішувача при працюючому двигуні трактора, при розгальмованому кормороздавачі-змішувачі;

– механізатору залишати місце водія під час роботи кормороздавача-змішувача;

– знаходитися над бункером, оскільки можливе падіння в бункер, що приведе до тяжких травм;

– завантажувати вручну компоненти корму безпосередньо з силосного бурта, сіновалів, сходів, оскільки можливе падіння працівника у бункер;

– пробувати рукою кормові продукти, що вивантажуються з бункера конвеєром;

– при митті кормороздавача-змішувача направляти струмінь води на визначник кількості вантажу;

– виконувати круті повороти (більше 20°) з включеним ВВП трактора;

– знаходитись всередині змішувальної камери під час роботи двигуна трактора. При роботі всередині змішувальної камери необхідно вимкнути двигун трактора та вийняти ключ запалення;

– перебувати між трактором та кормороздавачем-змішувачем під час експлуатації. При необхідності знаходження людей у цій зоні, необхідно вимкнути двигун трактора та вийняти ключ запалення;

– під час обертання шнека, що переміщує корм, кидати руками в змішувальну камеру такі продукти як концентрати або фуражні рулони, стоячи при цьому на піднесенні (наприклад, на силосній стінці);

– під час обертання шнека, що переміщує, стороннім людям наближатися до кормороздавача;

– при вантажно-розвантажувальних роботах перебувати під кормороздавачем;

– стояти на конвеєрі при працюючому двигуні або наповненні змішувальної камери;

– використовувати карданний вал та захисний кожух валу як опору для ніг.

Зачаповання проводити за вказані місця стропування. У процесі експлуатації кормороздавача-змішувача необхідно щозмінно стежити за станом з'єднання бункера через вісь з колесами та зчіпної петлі з дишлою.

Гранично допустимий мінімальний розмір робочої частини зчіпної петлі при зношуванні в процесі експлуатації – 20 мм у будь-якій площині.

5.2. Вимоги до оператора при забезпеченні безпечної експлуатації кормороздавача-змішувача

Оператору слід пам'ятати, що перед тим як увійти до змішувальної камери для видалення засмічення обов'язково вимкнути двигун трактора ВВП, витягти ключ запалювання та від'єднати карданний вал.

Оператору необхідно триматися на відстані від дозуючого щибера під час його відкриття чи закриття. Шнек, що перемішує, може все ще продовжувати обертатися. Вимкнути карданний вал і двигун трактора, поставити трактор і кормороздавач на гальмо стоянки і вийняти ключ запалювання перед початком мастильних робіт на хрестовинах карданного валу.

При заміні коліс домкрат встановлювати у зазначених місцях. Паркування кормороздавача проводити тільки на сухій та плоскій поверхні. Для запобігання відкату застосовувати ручне гальмо і проти відкатні упори.

Оператору кормороздавача-змішувача необхідно обов'язково вимкнути привод поперечного конвеєра, якщо необхідно видалити забивання у поперечному конвеєрі кормороздавача-змішувача.

Оператор повинен перевірити функціонування системи кормороздавач - трактор. Знаходження сторонніх осіб у зоні роботи кормороздавача забороняється. Також при виході з трактора вимкнути двигун, вийняти ключ запалювання та вжити заходів, що унеможливають мимовільний рух кормороздавача. У разі виконання робіт з електричними ланцюгами кормороздавача відключити на тракторі «масу» акумуляторної батареї.

Перевірити правильність зчеплення серезки навісного пристрою трактора зі зчінним пристроєм кормороздавача. Звернути особливу увагу на надійну фіксацію зчінного пальця запобіжним стопорним штифтом.

Робота на кормороздавачі-змішувачі допускається лише за наявності захисних пристроїв у робочому стані та відсутності їх пошкоджень. Захисні пристрої запобігають доступу до небезпечних зон. Тому необхідно утримувати їх у справному стані. Вони призначені для Вашої безпеки та безпеки інших людей.

Очищення, технічне обслуговування, ремонт та усунення несправностей повинні здійснюватися оператором при вимкненому двигуні трактора та відсутності тиску в гідросистемі. Перевірити правильність з'єднання з трактором швидкороз'ємного з'єднання зворотної гідравлічної лінії. При неправильному з'єднанні вся система може бути під дією максимального тиску масла трактора.

Регулювати швидкість руху залежно від стану ґрунту. Уникати різких поворотів під час пересування вгору чи вниз пересічного місцевістю або під нахилом. З'єднати пневматичне гальмо з трактором та перевірити його функціонування перед початком роботи. Не забудьте зняти гальмо стоянкове. Не перевищувати максимальне навантаження на задню вісь трактора та максимально допустиму загальну вагу.

Дотримуватись дистанції при перекиданні силосного блоку. Не дозволяти людям або тваринам знаходитися поряд з кормороздавачем під час руху назад та завантаження фуражу. Регулярно перевіряти затягування болтів та гайок. При необхідності підтягнути кріплення. Оператору слід пам'ятати, що експлуатація кормороздавача-змішувача зі швидкістю понад 6 км/год. не допускається. При експлуатації кормороздавача-змішувача необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки, встановлених для тваринницьких приміщень, при необхідності користуватися засобами пожежогасіння трактора та кормороздавача.

Щоб уникнути заклинювання подрібнювально-змішувального шнека та з метою прискорення процесу подрібнення та змішування забороняється

завантажувати в бункер пресоване сіно та солому без попереднього розмотування та перевірки відсутності в них сторонніх предметів (каменів, металевих включень тощо), тюки необхідно розмотати, видаливши заздалегідь шпагат (сітку). Склад та кількість кормового раціону задається фахівцем із харчування залежно від типу виробництва (молочне чи м'ясне) та від біологічного циклу тварин.

При мінусовій температурі навколишнього середовища, під час перерв у роботі, кормороздавач зберігати в приміщенні з температурою понад 0 °С. Перед розвантаженням кормової суміші необхідно прогріти гідросистему

вивантажувального конвеєра при закритому шибєрі протягом 2-3 хв (при русі до тваринницького приміщення). Втрачені та пошкоджені під час експлуатації знаки та написи з техніки безпеки повинні бути відновлені або замінені на нові.

Перед початком зварювальних робіт та інших робіт, у тому числі із застосуванням відкритого вогню, провести ретельне очищення кормороздавача, майданчиків навколо нього та встановити ємності з водою та піском. При проведенні ремонту кормороздавача-змішувача із застосуванням зварювального обладнання необхідно обов'язково відключити електроживлення пристрою контролю маси, а також дотримуватись особливої обережності в місцях

укладання кабелів та встановлення тензометричних датчиків зважування. Рукави високого тиску регулярно перевіряти на предмет їх ушкодження. Пошкоджені рукави високого тиску мають бути негайно замінені. Максимальний тиск олії

20 МПа. Кожні 5 років проводити заміну всіх рукавів високого тиску на аналогічні. Кількість компонентів, що завантажуються в бункер визначається за показаннями індикатора визначника вантажу, що спостерігається з кабіни трактора.

ВИСНОВКИ

Аналіз результатів досліджень показує, що за показниками ефективності використання кормозмішувачів для приготування і роздавання кормосуміші має переваги перед використанням для цих само цілей стаціонарні кормоцеخي та мобільні кормороздавачі КТУ-10А, а саме: прями експлуатаційні витрати

знижуються на 45,3%, затрати часу на приготування і роздавання однієї тони кормосуміші також знижуються в 1,8 разу.

Актуальне обґрунтування технологічної схеми та технічних засобів механізації процесу подрібнення стеблових кормів, спресованих у рулони підвищеної щільності, їх змішування з іншими кормами та подальшої роздачі тварин.

Наведені в другому розділі результати досліджень дозволяють на основі отриманої сукупності даних, розробляти множинні варіанти технологічних ліній

приготування кормових сумішей ВРХ з користуванням гарбузового та інших вуглеводно-вітамінних компонентів, в залежності від застосування їх на зберігання у вигляді комбісілосу і, відповідно, сезону годування.

Науковими дослідженнями та передовою виробничою практикою доведено, що годівля тварин, включаючи ВРХ має здійснюватися

багатокомпонентними кормовими сумішами відповідно до їх фізіологічних потреб. Самохідні кормозмішувачі фірми Strautmann істотно полегшують процес годівлі ВРХ, економлять час, кошти та трудовитрати. Гомогенне змішування кормової маси не дає можливості ВРХ відбирати компоненти, яким вони віддають перевагу.

За результатами аналізу технічних характеристик та проведення класифікації ножів встановлено, що в МПРК Strautmann використовуються ножі з прямим гладким лезом та квадратним гладким лезом і квадратним отвором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & energetics*. Kyiv, Ukraine. 2018. vol. 9. no. 3. p. 165–174.
2. Fuyang, T., Yunhua, C., Zhanhua, S., Yinfa, Y. (2020). Finite Element Simulation and Performance Test of Loading and Mixing Characteristics of Self-Propelled Total Mixed Ration Mixer. *Journal of Engineering*. vol. 12, 1–15.
3. Khmelovskiy, V., Otchenashko, V., Voloshyn, S., Pinchevska, O. (2020). Providing processes of preparation and distribution of feed for cattle on animal husbandry farms. *Engineering for rural development*. Vol. 19, 778–783.
4. Novitskiy, A. V. Metodichni pidhodi otsInki nadIynosti lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina–mashina–seredovische». *Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka.–Harkiv, HNTUSG.–Vip*, 2013, 133: 243-248.
5. Viatcheslav Loveikin, Vasyl Khmelovskiy, Vasyl Lukach, Vasyl Achkevych (2022). Improving efficiency of mobile combined feed mixer. *Engineering for rural development*. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. 853–859.
6. Zagurskiy, O., Savchenko, L., Makhmudov, I., Matsiuk, V. (2022). Assessment of socio-ecological efficiency of transport and logistics activity. *Engineering for Rural Development*, 25-27.05.2022 Jelgava, 543–550.
7. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloiev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. *Engineering for rural development*. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.
8. Бойко А.І. Напрями забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки. Харків, Зб. наукових праць ХНТУСГ, 2009. – Випуск № 80. – С. 13 – 16.
9. Бойко А.І., Новицький А.В. Сучасні проблеми забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів. Харків. Вісник ХНТУСГ, – Випуск 100. – 2010. – С.119 – 126.

10. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За редакцією С.Д. Дехмана. – К.: Урожай, 1990. – 400 с.

11. Довідник. Ремонт сільськогосподарської техніки. / В.К. Аветисян, В.А. Бантковський, В.О. Деєв, В.П. Карпусенко та ін. – К.: Урожай, 1992.-270 с.

12. Економіка підприємства: Підручник М.Г. Грещак, В.М. Колот, А.П. Наливайко та інші, За ред. С.П. Покропивного – Вид. 2-ге, перероб. та доп. – К.: КНЕУ, 2004 – 528 с.

13. Микитюк Д. Спеціалізоване м'ясне скотарство – це вигідно / Д. Микитюк, О. Бзозерський, М. Геймор// Пропозиція, 2007. - №1. – С. 124-126.

14. Новицький А.В. Исследование вероятности безотказной работы средств для приготовления и раздачи кормов как систем «Человек-Машина». Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2015. – Vol. 17, № 3. – P. 335– 341.

Новицький А. В. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів / А. В. Новицький, Ю. А. Новицький // Науковий вісник НУБІП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. К., 2017. – Вип. 262 (2017). – С. 287 – 296.

15. Новицький А. В. [Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки.](#) Центрально-український науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143.

16. Новицький А.В. [Стан та напрями забезпечення аграрних підприємств надійною технікою для приготування і роздавання кормів.](#) Зб. тез доп. VI Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 112-ї річниці від дня народження проф. В.С. Крамарова., 21-22 лют. 2019 р. Київ: Видавничий центр НУБІП України, 2019., С. 18-19.

17. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv, Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2, P. 115–124.

18. Новицький А. В., Засулько А. А., Хмельовська С. З. Оцінка та підвищення рівня надійності ножів засобів для приготування і роздавання кормів. Збірник тез доповідей VII-ї Міжнар. наук. конф. «Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК» (04-07 червня 2019 року). НУБіПУ. м. Київ. 2019. С. 82-83.

19. Новицький А. В., Ружило З. В. Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. *Machinery & energetics. Journal of Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 89–96.

20. Новицький А.В. Вітчизняні засоби для кормоприготування і кормороздавання // А.В. Новицький, С.С. Карабицьош, О.В. Сиволапов, Б.М. Шлода / Пропозиція, 2012, № 10. – С.100 – 102.

21. Новицький А.В. Дослідження динаміки зміни показників надійності засобів для приготування і роздачі кормів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 241, ч. 1. – С. 334 - 338.

22. Новицький А.В., Новицький Ю.А. Логіко-імовірнісна модель надійності засобів для приготування і роздавання кормів. Сумський національний аграрний університет. Суми, 2016. С. 137 – 141

23. Новицький, А. В., **Кармаліта О. С.**, Новицький Ю. А. Дослідження технічного стану машин для приготування і роздавання кормів «STRAUTMANN VERTI-MIX». Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем (2022). Кропивницький, ЦНТУ. С. 82–83.

24. Палкін Г. Сучасні мобільні кормороздавачі-змішувачі для годівлі худоби кормосумішками // Г. Палкін / Пропозиція. – 2004. – № 4. – С. 88-91.

25. Погорілий Л. Сучасна техніка для приготування кормів на фермах ВРХ // Л. Погорілий, В. Ясеневський, М. Лінник / Техніка АПК. – 1999. – №4. – С. 31 – 33.

26. Посібник Машини для тваринництва та птахівництва/ За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке. УкрНДЦВТ ім. Л.Погорілого. – 2009. – 207 с.

27. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; За ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1999. – 192 с.

28. Ревенко І. І., Ревенко Ю. І. Перспективи і проблеми переробки кормів молотковими подрібнювачами. Ніжин : Видавець ТПТ Лисенко Н.М., 2017. 316с.

29. Ревенко І. Сучасний стан засобів роздавання кормів коровам // І. Ревенко, Т. Лісовенко, В. Хмельовський / Проіозиція. - 2008. - № 9. - С. 106-114.

30. Смоляр В. Фермерський комбайн – універсальний технічний засіб / В. Смоляр, С.Постельга, Л. Кириченко, Ю. Калітинський // Техніка АПК. – 2007. - №10. – С 34 – 35.

31. Хмельовський В. С., Потапова С. Є. Технологічні та технічні передумови приготування якісної кормосуміші для ВРХ. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 18. Т. 2. С. 248–256.

32. Черновол М.І. Обладнання ремонтних підприємств. // М.І. Черновол, М.В. Власенко, В.М. Наливайко. – К.: Урожай, 1996. – 272 с.

33. <https://bratslav.com/nasha-produkciya/kormosmesitel-braclav>

34. [https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі-для-](https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі-для-тваринництва)

[тваринництва.](https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі-для-тваринництва)

35. <https://fermhash.in.ua/product/razmotchik-rolonov-rr-1>

36. <https://galmash.com.ua/catalog/katalog-tehniki>.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додатки

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України