

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Підвищена ефективність процесу заготівлі сінажу в умовах агропідприємств малих форм господарювання»

Виконав:

(підпис)

Козир А. М.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-2м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Семірненко С.Л.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“__” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Козиру Андрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищена ефективність процесу заготівлі сінажу в умовах агропідприємств малих форм господарювання,

керівник роботи: Семірненко Світлана Леонідівна, к.т.н., доц.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” 03 2024 року № 657/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: “__” _____ 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Довідкова література. 2. Науково-технічна література по темі роботи. 3. Технології пров'ялювання трав. 4. Типові технології заготівлі сінажу. 5. Типові технологічні карти заготівлі сінажу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ; 1) Стан питання. Задачі дослідження; 2) Теоретичні дослідження процесу пров'ялювання трав при заготівлі сінажу; 3) Експериментальні дослідження процесу прискорення просушування трав'яної маси за рахунок ворушіння;

4) Охорона праці та безпека. Вимоги безпеки під час збирання та заготівлі сінажу;

5) Техніко-економічні розрахунки. Висновки. Література. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: ілюстраційний матеріал представлений на 14 слайдах.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна доцільність			

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” _____ 202_ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів дипломної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником дипломної (магістерської) роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарств		
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3.	Складання плану роботи		
4.	Написання вступу		
5.	Підготовка розділу «Стан питання. Задачі дослідження»		
6.	Підготовка розділу «Теоретичні дослідження процесу пров'ялювання трав при заготівлі сінажу»		
7.	Підготовка розділу «Експериментальні дослідження процесу прискорення просушування трав'яної маси за рахунок ворущіння»		
8.	Підготовка розділу «Охорона праці та безпека» та «Техніко-економічні розрахунки»		
9.	Написання висновків		
10.	Подання роботи на перевірку унікальності		
11.	Подання роботи на рецензування		
12.	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Козир А. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник дипломної
(магістерської) роботи _____
(підпис)

Семірненко С.Л.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
1 СТАН ПИТАННЯ. ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
1.1 Сінаж, як корм для сільськогосподарських тварин	7
1.2 Огляд технологій та засобів механізації при заготівлі сінажу	8
1.3 Способи інтенсифікації процесу сушки скошеної трав'яної маси	18
1.4 Класифікація машин для ворущіння скошених трав	19
1.5 Задачі досліджень	22
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОВ'ЯЛЮВАННЯ ТРАВ ПРИ ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ	24
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИСКОРЕННЯ ПРОСУШУВАННЯ ТРАВ'ЯНОЇ МАСИ ЗА РАХУНОК ВОРУШІННЯ	32
3.1 Передумови до проведення досліджень	32
3.2 Визначення вологості скошеної маси	33
3.3 Експериментальні дослідження процесу прискорення сушки за рахунок ворущіння	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ	46
4.1 Аналіз стану охорони праці в господарстві	46
4.2 Охорона праці при вирощуванні конюшини і заготівлі сінажу	47
4.3 Вимоги безпеки під час збирання та заготівлі сінажу	49
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	53
ВИСНОВКИ	57
ЛІТЕРАТУРА	58
ДОДАТКИ	61

РЕФЕРАТ

Магістерська робота представлена на 64 сторінках друкованого тексту, складається із вступу, п'яти розділів та висновків, містить 24 рисунки, 13 таблиць, 31 літературного джерела, 3 додатків.

Ключові слова: тваринництво, трав'яна маса, сінаж, заготівля, рулони, ворущіння, пров'ялювання.

Об'єктом дослідження є процес ворущіння трав'яної маси для підвищення його якості сінажу.

Мета роботи – підвищення якості сінажу, за рахунок підбирання необхідного часу ворущіння.

В роботі було проведено аналіз способів заготівлі сінажу та технічних засобів для заготівлі сінажу, розглянуті способи ворущіння трав'яної маси. Проведені теоретичні дослідження інтенсивності втрачання вологи із скошеної трави.

Проведені дослідження по впливу часу ворущіння після скошування трав'яної маси на вологовіддачу, та дослідження по визначенню втрат протеїну після ворущінні трав'яної маси в різні часи після скошуванні.

Проаналізовані заходи з охорони праці, розроблені вимоги безпеки під час збирання та заготівлі сінажу.

Виконані техніко-економічні розрахунки показують на доцільність прийнятих рішень по досушуванню рулонів сіна з метою зниження втрат поживних речовин.

ВСТУП

В сільськогосподарських підприємствах малої форми господарювання, що займаються тваринницькою галуззю, а саме – розведенням ВРХ, у стійловий період найбільш якісним кормом являється сінаж, який по своїм якостях найбільш наближений до свіжої трави. Даний корм має меншу від силосу кислотність та вищу вологість, ніж сіно.

Сінаж являє собою корм із трав, що має вологість 45 – 55%, який був попередньо ущільнений та ізольований від зовнішнього середовища для того, щоб створити анаеробні умови.

Обов'язковою умовою заготівлі якісного сінажу є спосіб його заготівлі та спосіб закладання на зберігання. Не менш важливим фактором якості сінажу є його витягування для годівлі худоби. Це важливо для зменшення контакту сінажу з повітрям для зменшення можливості розвитку в ньому аеробної мікрофлори.

Щільність сінажу, як правило, знаходиться в межах 450 – 500 кг/м³, а його кислотність становить рН 4,8 – 5,8. При таких параметрах кормової маси більш активно в неї проникає повітря. Це призводить до більш інтенсивному розвитку мікроорганізмів, що визивають гниття сінажу, що в свою чергу, нівелює даний корм [1, 2, 3, 4].

В якісному сінажі концентрація обмінної енергії досягає до 10,3 МДж/кг, а протеїну більше 18% [4, 5, 6].

Застосування у якості корма для великої рогатої худоби сінажу дає змогу зменшити в два рази масу корму, чим силосно-корнеплодного. При заміщенні корнеплодів, сіна та силосу сінажем дає змогу зменшити на 1 ц молока затрати на корма на 28% [7].

Із-за наведених переваг, в теперішній час сінаж складає значну частину кормової бази у світі. В країнах західної Європи частка сінажу в раціоні худоби перевищує 50%.

В нашій країні застосування сінажу у якості корма для худоби є обмеженим із-за складності заготівлі, зберігання та годівлі. Втрати при цьому

досягають 35% від отриманого врожаю, а при збиранні трав – до 25% [4, 5, 6, 7, 8].

Значної частини цих втрат може бути заготовля сінажу в рулонах, які упаковуються у плівку, що дає можливість мінімізувати механічні та біологічні втрати кормів [5, 6, 7].

Саме на вирішення цих проблем і направлені дослідження даної магістерської роботи.

1 СТАН ПИТАННЯ. ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Сінаж, як корм для сільськогосподарських тварин

Одним із основних кормів для великої рогатої худоби у стійловий період є сінаж – корм, в основу консервування якого й лежить «фізіологічна сухість середовища», це вологість, при якій волога клітин рослинної маси стає недоступною для мікроорганізмів.

Вперше теоретично основи сінажування рослинної маси були обґрунтовані професором С. Я. Заїреном.

Основні теоретичні дослідження по сінажуванню зеленої маси були проведені на початку тридцятих років минулого століття. В той час, рядом вчених було визначено, що трав'яна маса при вологості 45 – 55% може добре зберігатися у відповідних сховищах без консервування [8, 9].

Подальші глибокі дослідження по виробництву, зберіганню та годівлі худоби даним кормом проводились у середині минулого століття, а удосконалення даних процесів досліджується та впроваджується у виробництво до теперішнього часу.

Зелена маса із певною вологістю при герметизованому зберіганні має здатність клітин утримувати вологу із значно більшою силою, чим сила клітин мікроорганізмів.

По своїм кормовим властивостях, вважається, що сінаж найбільш наближений до зеленого травостою. Особливістю сінажу є те, що в ньому у повній мірі зберігаються найбільш поживні частини рослинної маси – листя та суцвіття.

Основними культурами для приготування сінажу є люцерна, конюшина та і бобово-злакові суміші із гороху, вики, однорічних трав з горохом та вівсом та ін.

Приготовлений у відповідності до технології сінаж має відмінні смакові якості та високу поживність. В одному кілограмі сінажу міститься від 0,3 до 0,4 к.о., до 100 грамів протеїну, що переварюється, до 60 грамів каротину.

Ще одною із переваг сінажу є те, що при заготівлі сінажу втрати

поживних речовин не перевищують 15%, це значно менше, ніж при заготівлі таких кормів, як сіна та сінажу.

Використання сінажу для корму тварин застосовують через два тижні після його закладки в траншеї, чи укладки рулонів на зберігання.

Із траншей виймання сінажу виконують з одного боку, відбирають вертикально, до дна траншеї.

Відкривають траншею з під поліетиленової плівки із розрахунку потреби в сінажі максимум на 3 дні. В зимовий період року сінаж не замерзає при мінусових температурах.

Покращення якості під час зберігання сінажу можливе при застосуванні різного роду консервантів. Обов'язковою умовою застосування консервантів при зберіганні сінажу є їх рівномірний розподіл по всьому об'єму сінажної траншеї.

1.2 Огляд технологій та засобів механізації при заготівлі сінажу

У теперішній час найчастіше застосовуються дві технології заготівлі сінажу:

- традиційна;
- сінаж в упаковці.

Традиційна технологія полягає у закладанні трав'яної маси, що сінажується у наземні бетоновані траншеї, рідше – закладання у вертикальні сінажні башти.

Друга технологія полягає у пакуванні трав'яної маси, що сінажується у герметичне еластичне пакування.

Порівнюючи втрати поживних речовин, по відношенню до їх кількості в травостой, то відсоток їх втрат буде складати [10]:

- при заготівлі сіна сягає 50%;
- при заготівлі сінажу за традиційною технологією – 25%;
- при заготівлі сінажу в рулонах – 10%.

Не дивлячись на переваги технології заготівлі сінажу у герметичне еластичне пакування, в теперішній час залишається поширеною технологія

заготівлі даного виду корму по традиційній технології.

Традиційна технологія заготівлі сінажу передбачає виконання наступних операцій [11]:

- скошування трав'яної маси з одночасним плющенням;
- ворущіння;
- згрібання у валки;
- підбирання валків з подрібненням маси та навантаження у транспортні засоби;
- перевезення та закладання у сховища;
- ущільнення маси;
- герметизація маси в заповненому сховищі.

Традиційну технологію заготівлі сінажу можна показати у наступному вигляді (рис. 1.1) [11].



Рисунок 1.1 - Традиційну технологію заготівлі сінажу

Технологія заготівлі сінажу в упаковці відрізняється, тим що після пров'ялювання та згрібання у валки виконується підбирання даної маси рулонними прес-підбирачами і подальшому виконуються дії з рулонами сінажу (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 - Технологія заготівлі сінажу в упаковці

Найбільш доцільно скошувати багаторічні бобові у фазі початку цвітіння, коли цвіте 25% рослин. В той же час, однорічні бобові трави скошують до появи на двох-трьох нижніх ярусах бобів. Стосовно злакових, то їх скошують на самому початку утворення колоса.

Такі умови до періоду скошення пов'язані із тим, що в даний період у рослинах накопичується значна кількість протеїну, каротину, сахарів та мінеральних речовин. В той же час, цей період у перелічених рослин мала кількість клітковини.

Найкращим часом доби для скошування вказаних трав на сінаж є ранішні години – з 3 по 8 годину. В цей час у рослинах міститься найбільша кількість каротину.

У залежності від врожайності травостою скошування рослинної маси виконують [12]:

- у валок, (рис. 1.3, а) при високій врожайності;
- у прокоси, (рис. 1.3, б) при низькій врожайності трав.

При скошуванні трав'яної маси, що буде використана для сінажування оптимальну приймають висоту зрізу для сіяних трав 5 - 6 см. Для багаторічних трав першого року росту – 8 - 9 см. Отаву, як правило, скошують на висоті 6 – 7 см.



а)

б)

Рисунок 1.3 – Способи скошування рослинної маси на сінаж: а) у валок; б) у прокоси

Скошування трав'яної маси з плющенням виконують тільки при першому укосі, в суху погоду. Плющення дає змогу скоротити строки підсушування трав в два рази.

При дощовій погоді, не залежно від укосу плющення не проводять. Це пов'язано із можливим вимиванням поживних речовин опадами.

Для забезпечення прискорення процесу пров'ялювання скошеної маси проводять від одного до трьох ворущінь (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Ворущіння скошеної трав'яної маси

Після досягнення масою вологості 60 – 65% виконують її згрібання у валки (рис. 1.5). Як правило у сільгосп підприємствах малих форм господарювання, для згрібання використовують навісну техніку.

Просушування маси до вологості нижче за 45% приводить до значних механічних втрат та відмиранню клітин.



Рисунок 1.5 – Утворення валків

У подальшому, залежно від технології заготівлі сінажу, йде підбирання валків із подрібнюванням та завантаження подрібненої маси в транспортний засіб (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Підбирання валків із подрібнюванням та завантаження в транспортний засіб

Подрібнення рослинної маси виконується з метою зниження її пружності для покращення у подальшому її ущільнення. Найбільш раціональною вважається ступінь подрібнення в межах 15 – 30 мм. При більших розмірах часток збільшується ймовірність самозігріву маси,

утворення хлібного запаху та значного погіршення якісних показників [11].

Транспортування маси виконують як автомобільним транспортом, так і тракторами з причепами (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Вивантаження подрібненої маси на сінаж

При застосуванні технології заготівлі сінажу в упаковці проходить процес підбору валків прес-підбирачем рулонним при вологості 50 - 60% (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Підбирання валків рулонним прес-підбирачем

У подальшому, забезпечується обмотування рулонів у поліетиленову плівку (рис. 1.9) з перекриванням шарів плівки на 50%. Час від утворення рулонів прес-підбирачами до їх замотування у плівку не повинен перевищувати двох годин.

Кількість шарів поліетиленової плівки, якими обмотуються рулони може доходити до шести.



Рисунок 1.9 - Упаковка рулонів у поліетиленову плівку

Після упаковки рулонів в плівку йде процес їх підвезення до транспортного засобу та завантаження у кузов автомобіля чи тракторного причепа за допомогою навантажувача рулонів (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Навантажувач рулонів

Рулони, обмотані в плівку з поля доставляються до місця їх постійного

зберігання (рис. 1.11). У своїй більшості, рулони зберігаються під відкритим небом, але найкращим способом зберігання рулонів є зберігання їх під навісами.



Рисунок 1.11 – Транспортування рулонів до місця зберігання

У будь-якому випадку, місця зберігання повинні забезпечувати захищення від випадкового пошкодження плівки на рулонах корму.

У залежності від вологості сінажної маси та при рівних рулонах їх можна зберігати в штабелях (рис. 1.12) до трьох ярусів (при вологості до 55%) та в один ярус, при вологості, більшій за 55% [11].



Рисунок 1.12 – Зберігання рулонів сінажу в штабелях

При застосуванні традиційної технології заготівлі сінажу обов'язковою умовою є заповнення траншеї за час, що не перевищує 4 діб. При таких термінах заповнення траншей необхідне щоденне нарощування об'єму траншеї шаром не менше, ніж 1 метр із постійним ущільненням маси важкими тракторами (рис. 1.13). Дана операція проводиться з метою найбільш повного видалення із маси кому, що заготовлюється, кисню.



Рисунок 1.13 - Ущільненням маси в сінажній траншеї трактором

При дотриманні технології закладки рослинної маси в сінажну яму, температура самозігрівання ущільненого маси в сінажній ямі не повинна бути вищою за 37⁰С.

Обов'язковою умовою закінчення завантаження сінажних траншей є формування вершини траншеї. Так, виступ утрамбованої маси по краях траншеї повинен становити близько 0,3 м, а по центру траншеї підвищення повинно бути до 0,7 м.

Після завершення формування траншеї зверху її накривається шаром, товщиною 0,25 – 0,30 м зеленої, свіжоскошеної маси, а поверх – суцільним полотном поліетиленової плівки (рис. 1.14).

Особливу увагу при накритті сінажної траншеї приділяють якості поліетиленової плівки. Для забезпечення захисту продукції від атмосферного середовища вона повинна бути високої міцності та мати високу стійкість до ультрафіолетових променів.



Рисунок 1.14 – Вид сінажної траншеї після закладання

Для забезпечення годівлі тварин забезпечується розкривання сінажної траншеї, що приводить до зміни анаеробних умов, що може призвести до розвитку гнилотворних бактерій. Для запобігання втрат сінажу із-за гниття та механічних втрат використовується цілий ряд машин, що забезпечують ефективне нарізання сінажу (рис. 1.15) та його подальше завантаження в кормороздавачі (рис. 1.16).



Рисунок 1.15 – Нарізання сінажу в траншеї

Застосування техніки для нарізання сінажу із активними фрезами дає зменшення втрат кормів при виконанні даної операції на 8-10% [6].



Рисунок 1.16 – Кормороздавач універсальний

При згодовуванні сінажу, що зберігався в рулонах застосовують різчики-кормороздавачі рулонів, які забезпечують розрізання рулонів, їх розпушування та, в подальшому, роздачу сінажу тваринам (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Різчик – кормороздавач рулонів сінажу

Крім різчиків–кормороздавачів рулонів сінажу для розрізання та розпушування рулонів застосовуються також різчики рулонів. Дані машини забезпечують тільки різання та розпушування рулонів, а роздача сінажу виконується за допомогою кормороздавачів.

1.3 Способи інтенсифікації процесу сушки скошеної трав'яної маси

Для зменшення часу сушки скошеної трав'яної маси в полі, а як наслідок, втрат поживних речовин під час заготівлі сінажу, існує ряд різних способів прискорення даного процесу. Ці способи інтенсифікації сушки можна розділити на [6]:

- хімічні;
- електричні;
- термічні;
- механічні;
- комбіновані.

Всі наведені способи інтенсифікації сушки базуються на наступних принципах:

- зменшення енергії зв'язку води із рослинними клітинами;
- створення більш сприятливих умов виходження вологи із рослинної маси;
- більш ефективного використання енергії сонця та вологопоглинаючої здатності атмосферного повітря.

У теперішній час в нашій країні та в країнах Західної Європи знайшли розповсюдження тільки механічні способи прискорення видалення вологи із скошених рослин, а саме:

- ворушіння;
- кондиціювання;
- валкування.

Всі інші способи по тим чи іншим причинах застосовуються досить рідко. Одні із них є енергоємними, інші – токсично впливають на тварин та негативно впливають на продуктивність сінокосів.

Прискорення процесу вологовидалення із скошених трав можливе при легкому продуванню шару трав повітрям.

Одним із способів підвищення аерації повітря є застосування операції ворушіння скошеної маси. Ворушіння забезпечує зменшення щільності прокошу і, як результат, забезпечується інтенсивна віддача вологи. Крім того, ворушіння забезпечує переміщення шарів: більш сухого верхнього вниз, а вологого нижнього – вверх, що покращує рівномірність сушки трав.

За результатами досліджень багатьох авторів [6, 9] операція ворушіння трав'яної маси являється найбільш ефективним способом прискорення сушки трав, що сінажуються.

1.4 Класифікація машин для ворушіння скошених трав

Заготівля якісного сінажу не можлива без ворушіння скошеної трав'яної маси. Для виконання даної операції у сільськогосподарських підприємствах малих форм господарювання використовується значний шлейф сільськогосподарських машин, які значно відрізняються одна від одної як конструкцією, продуктивністю, так і принципом дії.

Дані машини можна поділити на дві великі групи [13-17]:

- ворушилки (рис. 1.18, а);
- граблі-ворушилки (рис. 1.18, б).



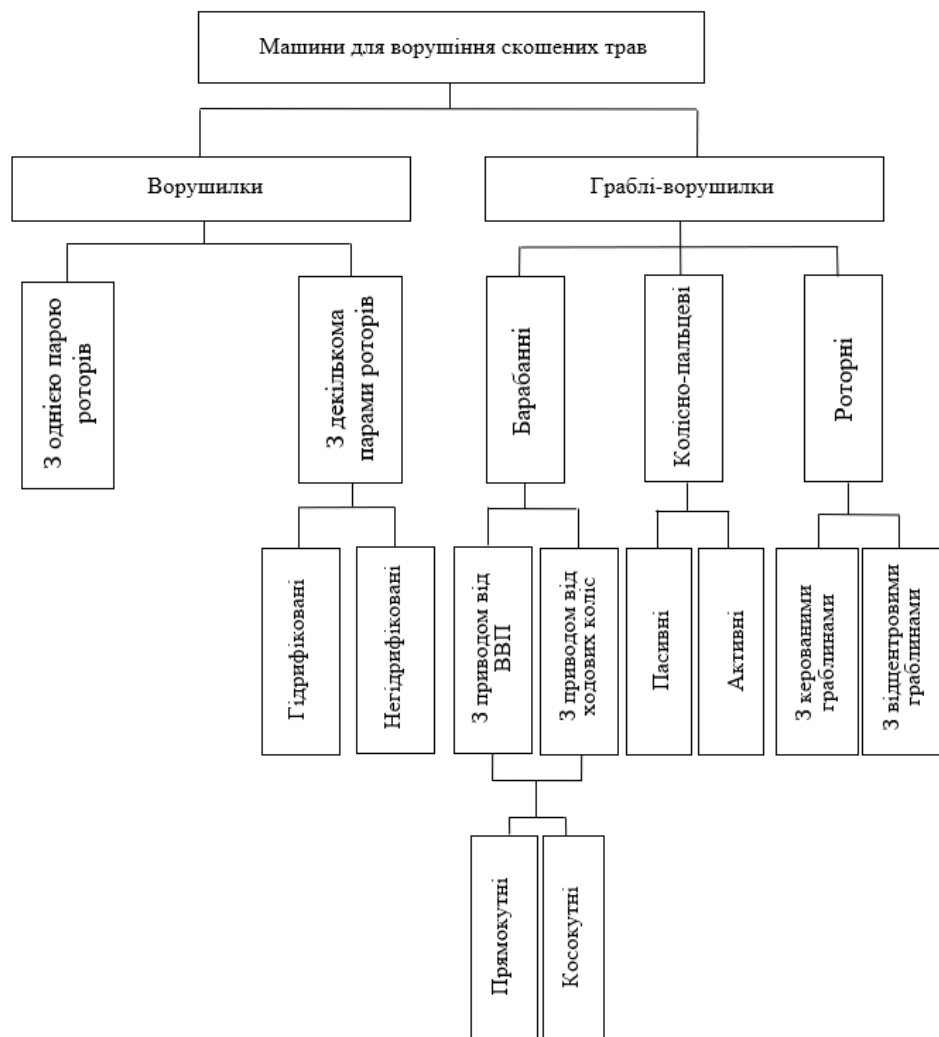
а)

б)

Рисунок 1.18 – Машини для ворущіння скошеної трав'яної маси

Основна їх відмінність полягає у принципі виконання операції по ворущінню (пров'ялюванню) скошеної маси.

Повна класифікація машин для ворущіння скошених трав наведена на рисунку 1.19 [16].



Рисунку 1.19 - Класифікація машин для ворущіння скошених трав

Основне призначення ворушилок - ворушінню (пров'ялюванню) скошених трав.

Найбільш широким представником даного класу сільськогосподарських машин є ротаційні ворушилки. Дані ворушилки трав мають парне число роторів. У залежності від кількості пар роторів ротаційні ворушилки поділяють на однопарні та багатопарні. У багатопарних ротаційних ворушилок рами мають шарнірну конструкцію, що забезпечує копіювання рельєфу та переведення їх за допомогою гідроциліндрів, або вручну у транспортне положення.

Граблі-ворушилки являються універсальними машинами. Дані машини можуть забезпечувати ворушіння скошених трав, перевертати їх та розкидати, а при необхідності – згрібати трави у валки.

По конструктивному виконанню дані машини поділяють на [13]:

- барабанні;
- ротаційні;
- колісно-пальцеві.

Від того, який кут між площиною обертання зубів та віссю барабана грабель барабанні граблі-ворушилки поділяються на:

- прямокутні;
- косокутні.

У залежності від отримання приводу, поділяються на здійснення приводу:

- від ВВП трактора;
- від ходових коліс.

Колісно-пальцеві можуть отримати привід коліс від:

- ВВП трактора;
- контакту з ґрунтом.

Граблі-ворушилки поділяють на машини з керованими та відцентровими граблинами[10] .

Граблі-ворушилки конструктивно складаються із двох роторів.

Використання тих чи інших машин для ворущіння сіна в агропідприємствах малих форм господарювання обумовлене, перш за все їх наявністю, вартістю, площами травостою і т. ін.

Всі показники якості сінажу повинні відповідати ДСТУ 4684-2006 (див. додаток А)

1.5 Задачі досліджень

При заготівлі сінажу необхідною умовою є доведення скошеної трави до певної вологості. Основним способом сушки трав при заготівлі сінажу є природна сушка. При даному способі сушки проходить нерівномірне висихання шару трав'яної маси. Найбільша втрата вологи відбувається у верхньому шарі, причому, листя та суцвіття пересихають, що призводи до їх механічних втрат при подальшому впливу робочих органів машин, а соковиті стебла значно менше втрачають вологість. Причому, різниця у вологості стеблової і листової частини верхнього шару покосу може відрізнятися більш ніж у двічі [25].

Дослідження було виявлено, що при висушуванні скошеної трав'яної маси у ясну погоду відсоток втрат сухої речовини сягає 20%, у похмуру погоду – 40%.

Одним із методів отримання якісного сінажу при його заготівлі є інтенсифікація процесу сушки, та вирівнювання вологості трав'яної маси в усьому прокосі. Досягти цього можливо за рахунок застосування технологічної операції «ворущіння» під час польової сушки трав. При ворущінні забезпечується прискорення вологовіддачі, зменшується час перебування скошеної маси на полі, зменшуються втрати поживних речовин і, як наслідок, підвищується якість сінажу.

Для вирішення питань прискорення сушки трав'яної маси за рахунок ворущіння задачами досліджень є:

- проведення теоретичних досліджень по визначенню найбільш ефективних ділянок сушки трав'яної маси;
- проведення експериментальних досліджень по визначенню часу

- ворушіння трав'яної маси для сінажування після її скошування;
- проведення експериментальних досліджень по визначенню по визначенню втрат протеїну під час пров'ялювання трав'яної маси;
 - обґрунтування часу ворушіння та сушки трав'яної маси для заготівлі сінажу;
 - аналіз та розробка заходів із охорони праці та пожежної безпеки при заготівлі сінажу»
 - проведення техніко-економічних розрахунків для порівняння удосконаленої технології.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОВ'ЯЛЮВАННЯ ТРАВ ПРИ ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ

Як відомо, при заготівлі сінажу на пров'ялювання скошеної трав'яної маси затрачується найбільше часу. Крім того, на даний процес впливає велика кількість випадкових факторів [4]. При цьому, операція пров'ялювання скошеної рослинної маси відіграє чи не основну роль у якості корму, що заготовлюється. Саме від якості виконання даної операції будуть залежати поїдання, енергетичні та поживні показники корму. При пров'ялюванні скошеної маси проходить перехідний процес від трави до сінажу.

Для забезпечення даного переходу при виконанні даної операції необхідне видалення значної маси води. У залежності від виду рослин, що скошувалися, їх стадії розвитку, природних умов і т. ін. відсоток вологи, який потрібно видалити від загальної маси щойно скошених рослин може становити до 70%.

При заготівлі трав на сінаж при їх початковій вологості 80% у процесі пров'ялювання до вологості 50% необхідно видалити із свіжоскошеної трави 362 кг води.

Для виконання технологічного процесу пров'ялювання трав для заготівлі їх на сінаж необхідно потратити 1,5 – 2 дні у залежності від температури та вологості повітря. В той же час, у період заготівлі трав на корм є велика ймовірність випадання дощів, що значно нівелює поживні властивості корму.

В умовах Сумської області пров'ялювання трав у переважній більшості випадків виконується у прокосі. Це пов'язано із більшою інтенсивністю випаровування вологи із трав із-за тоншого шару їх розстиланням у порівнянні із скошуванням та укладкою трав'яної маси у валок. Але, для забезпечення більш рівномірного розподілу скошеної маси по ширині прокоосу та товщині її необхідно розворушити.

Із-за цілого ряду факторів, процес сушіння трав, що розіслані тонким шаром на теперішній час вивчений мало.

Для подальших досліджень даного процесу приймемо наступні припущення:

- розіслана по прокосях трава – це велика множина стебел, що розташовані окремо одне від одного, що виключає можливий рух вологи по товщині трав'яного шару;
- під дією сонячної радіації та руху атмосферного повітря проходить випаровування вологи із поверхні скошених рослин, а для збільшення процесу вологовіддачі трав'яну масу розпушують, збільшуючи її об'єм;
- сушка стебел відбувається тільки у верхній частині шару, нижня частина майже не сохне, тому для забезпечення її висихання необхідно проводити обертання скошеної маси;
- при обертанні скошеної маси проходить перемішування стебел, в результаті чого маса має якусь середню вологість і подальшому, йде сушка верхньої частини;

Для забезпечення сушки всіх стебел трави їх ворушіння потрібно виконувати певну кількість разів через якісь проміжки часу.

Для забезпечення висушування стебел трави необхідно визначитись із раціональною кількістю операцій по ворушінню сіна, збільшення кількості даних операцій приводить до додаткових затрат та обминання листя і суцвіть – самої цінної частини трав'яної маси, а недостатня кількість ворушінь приводить до збільшення терміну сушки, пересихання верхнього шару рослинної маси, що викликає втрату поживних речовин, вітамінів і т. ін. в сінажі.

Вважаємо, що сушка рослинної маси проходить за рахунок процесу випаровування вологи із поверхні. Даний процес можна описати за допомогою наступного рівняння [18]:

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = e^{-\mu t}, \quad (2.1)$$

де, W_p – рівноважна вологість рослинної маси, %;
 W_0 – початкова вологість рослинної маси, %;
 μ – емпіричний коеф, що залежить від виду травостою, інтенсивності випаровування вологи, фази вегетації та ін. факторів, (1/год);
 t – час, на протязі якого йде сушка, (год).

Емпіричний коефіцієнт сушки μ , який можна визначити при відомому значенню W_p , якщо в момент часу t_1 та t_2 вимірять вологість, відповідно W_1 та W_2 [18]:

$$\mu = \frac{2,3[\lg(W_1 - W_p) - \lg(W_2 - W_p)]}{t_2 - t_1} . \quad (2.2)$$

Із проведених досліджень та їх обробки при заготівлі конюшини на сінаж автором Зубриліним А.А. було представлено рівняння сушки у наступному вигляді [18]:

$$\frac{W - W_p}{W_0 - W_p} = \exp(-0,029t) . \quad (2.3)$$

Для прослідження динаміки зміни пров'ялювання скошеної маси проведемо аналіз рівняння (1) і запишемо його у наступному вигляді:

$$W = W_p + (W_0 - W_p) \cdot e^{-\mu t} . \quad (2.4)$$

Дану залежність можна представити графічно (див. рис. 2.1). До експоненти проведемо в точці $t = 0$ дотичну (рис. 2.1).

Дотичну можна описати наступним рівнянням:

$$y_1 = a_1 \cdot t + b_1 . \quad (2.5)$$

Дотична та експонента перетинаються при значенні t рівному 0. Виходячи з цього: $W = W_0$, а коефіцієнти a_1 та b_1 будуть:

$$b_1 = W_0, \quad a_1 = \frac{\partial W}{\partial t} = -\mu \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-\mu t} .$$

Було вище зазначено, що $t = 0$, відповідно коефіцієнт a_1 буде:

$$a_1 = -\mu \cdot (W_0 - W_p) .$$

Підставивши значення коефіцієнтів a_1 та b_1 в рівняння (2.5) отримаємо:

$$y_1 = W_0 - \mu \cdot (W_0 - W_p) \cdot t. \quad (2.6)$$

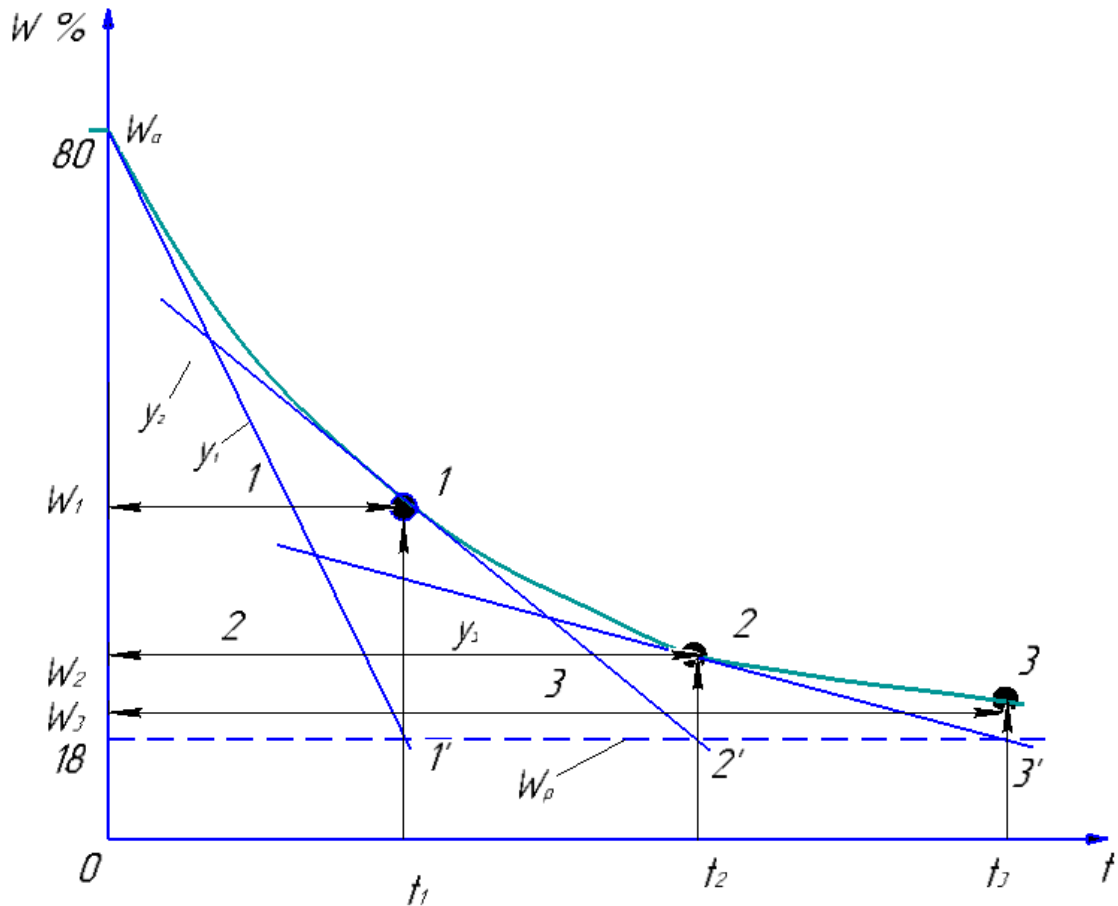


Рисунок 2.1 – Зміна вологості трав'яної маси при пров'ялюванні

Перетин дотичної y_1 з лінією рівноважної вологості W_p визначаємо шляхом підстановки $y_1 = W_p$ у рівняння 2.4, тоді:

$$t_1 = \frac{1}{\mu}. \quad (2.7)$$

Проводимо перпендикуляр із точки, де дотична y_1 перетинається з лінією рівноважної вологості W_p до перетину з експонентою. Після цього проектуємо її на вісь ординат. Отримуємо якесь значення вологості W_1 .

Підставляючи рівняння 2.7 в 2.4 отримуємо:

$$W_1 = W(t_1) = W_p + (W_0 - W_p) \cdot e^{-1}. \quad (2.8)$$

Із формули 2.8 бачимо, що значення вологості W_1 не залежить від часу, а також від показника експоненти μ . На величину вологості W_1 впливають тільки початкова та рівноважна вологість рослинної маси.

Можна вважати, що вологість W_1 – це константа, через яку проходить сушка трав. Так, для нашого випадку, при сушці трав на сінаж при початковій вологості трав'яної маси 80%, та рівноважній вологості 18%, значення вологості W_1 буде становити 40,9%

До експоненти проводимо другу дотичну (точка 2, рис. 2.1).

Напишемо рівняння дотичної:

$$y_2 = a_2 \cdot t + b_2. \quad (2.9)$$

Кутовий коефіцієнт:

$$a_2 = -\mu \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-\mu \cdot t_1}, \quad (2.10)$$

при:

$$t_1 = \frac{1}{\mu}.$$

a_2 буде дорівнювати:

$$a_2 = -\mu \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-1}. \quad (2.11)$$

b_2 можна отримати із рівняння рівноваги в точці 2 експоненти та дотичної y_2 :

$$W_p + (W_0 - W_p) \cdot e^{-1} = b_2 - \mu \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-1} \cdot \frac{1}{\mu}, \quad (2.12)$$

$$b_2 = W_p + 2 \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-1} - k \cdot (W_0 - W_p) \cdot e^{-1} \cdot t_2. \quad (2.13)$$

При

$$t_2 = \frac{2}{\mu},$$

вологість маси в точці t_2 , становитиме

$$W_2 = W(t_2) = W_p + (W_0 - W_p) \cdot e^{-2}. \quad (2.14)$$

По аналогії з отриманням точки 2, отримуємо точку 3, проводячи перпендикуляр від точки перетину прямої рівновагової вологості та дотичної y_2 .

По аналогії із отриманням координати точки W_2 , отримуємо координату точки W_3 .

При:

$$t_3 = \frac{3}{\mu},$$

вологість в цій точці буде:

$$W_3 = W(t_3) = W_p + (W_0 - W_p) \cdot e^{-3}. \quad (2.15)$$

Як видно із рисунка 2.1, токи 1, 2, 3 розташовані на однакових відстанях від осі t (абсцис).

Динаміку зміни вологості, визначену шляхом проведення розрахунків та графічним методом.

Отримані дані представляємо у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Точки максимально можливої зміни вологості при пров'ялюванні трав'яної маси прокосі (при трикратному ворущінні)

Показники	Відносний час на сушки (точки на рис. 1.1)			
	0	1	2	3
Вологість трав'яної маси, %	80,0	40,9	26,5	21,0
Абсолютн. зниження вологості трав'яної маси, %	-	39,1	14,4	5,5
Зниження вологості трав'яної маси, %	-	48,9	34,2	21,2

Аналізуючи таблицю 2.1 можна зробити висновок, що найбільше зниження вологості трав'яної маси відбувається на першій ділянці експоненти – на 48,9%. На другій ділянці зниження вологості йде на 34,2%, а на третій ділянці – на 21,2%.

Виходячи із отриманих значень зміни вологості вважаємо, що доцільно перше ворущіння скошеної маси виконувати на першій ділянці, до точки 1, коли середня вологість скошеної маси не більша за 61%.

Зміну вологості трав'яної маси по ділянках експоненти можна представити графічно наступним чином (рис. 2.2).

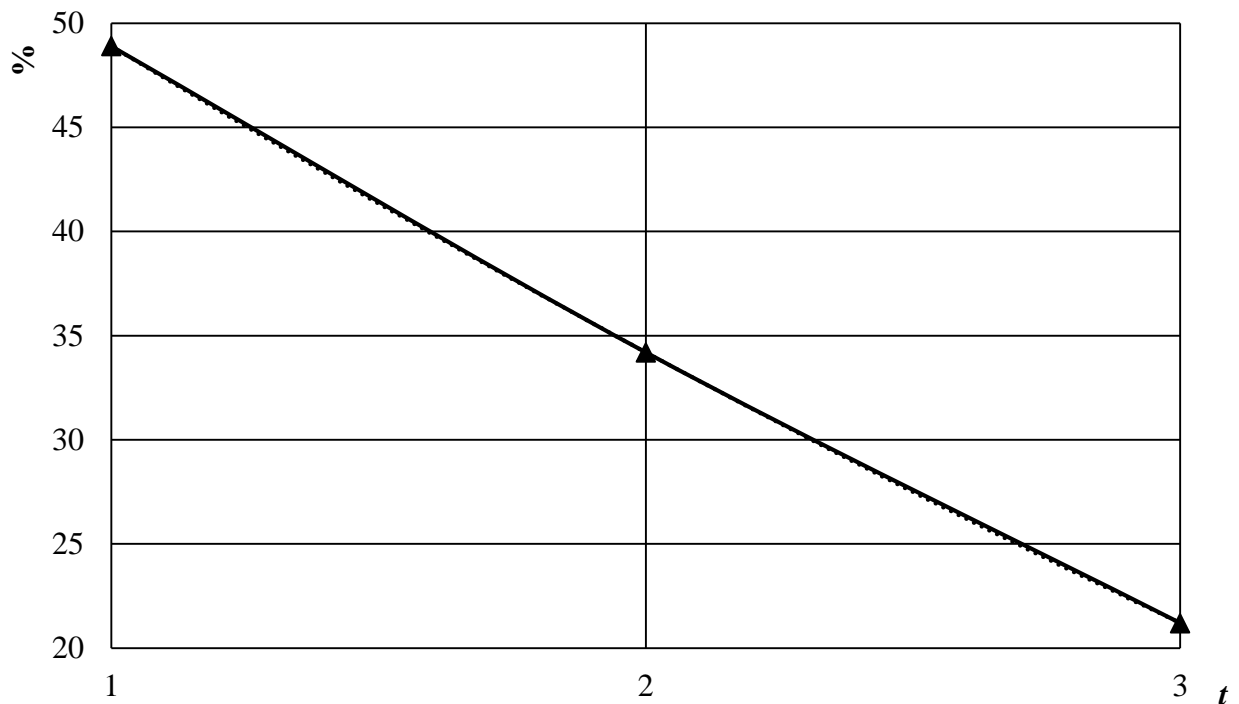


Рисунок 2.2 - Зниження вологості трав'яної маси при пров'ялюванні

Зміну вологості трав'яної маси (ΔW) при пров'ялюванні в любій із проміжних точок (t) можна знайти за наступним виразом:

$$\Delta W = 0,85t^2 - 17,25t + 65,3$$

При пров'ялюванні трав'яної маси висихає верх прокосу, вологість нижнього шару практично не змінюється. В процесі ворущіння скошеної маси шари в прокосі переміщуються із-за чого трав'яна маса має середню вологість.

Після проведення першого ворущіння прокосу його вологість буде:

$$W_{11} = \frac{W_0 + W_1}{2}. \quad (2.16)$$

Також, W_{11} – буде початковою вологістю для другого пров'ялювання. Відповідно, обоє пров'ялювань виконуються на першій ділянці експоненти:

$$W_{12} = W_p + (W_{11} - W_p) \cdot e^{-1}. \quad (2.17)$$

При вологості верхнього шару прокосу, що відповідає точці 1 експоненти, визначається середнє значення вологості трав'яної маси в прокосі і, за потреби, виконуємо наступне ворущіння до доведення маси, що сінажується до необхідної вологості.

Проведені розрахунки вологості трав'яної маси при виконанні її пров'ялювання через різні проміжки часу наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків вологості трав'яної маси при її пров'ялювання

№ виконання ворушіння	Вологість верхнього шару після ворушінні, %		
	Періоди ворушіння		
	1 умовн. період	2 умовн. період	3 умовн. період
0	80,0	80,0	80,0
1	62,1		
2	48,1	54,1	
3	37,2		51,3

Ворушіння скошеної трави із-за активної взаємодії робочих органів забезпечує її розпушення, перемішування та обертання.

В той же час, при взаємодії робочих органів із трав'яною масою виникають її втрати у вигляді обламаного листя та суцвіть. Кількість ворушіння та вологість трав'яної маси найбільше впливають на втрати маси рослинності.

Висновок. Із проведених теоретичних досліджень видно, що найбільш інтенсивно втрачається волога із скошеної трави на першій ділянці. У подальшому, інтенсивність втрати вологості зменшується.

З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИСКОРЕННЯ ПРОСУШУВАННЯ ТРАВ'ЯНОЇ МАСИ ЗА РАХУНОК ВОРУШІННЯ

3.1 Передумови до проведення досліджень

Процес сушки скошених трав характеризується не тільки втратою вологи, а й втратою поживних речовин. Зразу після зрізання у рослинній масі проходить нормальний процес обміну речовин.

Ряд вчених [2; 4] вважають, що після скошування втрат відсутні втрати поживних речовин. При сушці нормальний порушується обмін речовин. Під час швидкого пров'ялювання скошених трав втрати поживних речовин не значні і знаходяться у межах 5% сухої речовини. В той же час, при тривалому процесу сушки втрати поживних речовин становляться значними. Самі значні втрати сухої речовини відбуваються при вологості рослинної маси в межах від 60% до 35% [6].

Крім того, значний час польової сушки трав'яної маси збільшує можливість потрапляння її під опади. Опади негативно впливають на якісні показники сінажу, втрату поживних речовин, вітамінів і т.ін [4]. Як відмічає М. Дж. Неш, випадання 20 мм опадів викликає втрату до 25% сухої речовини. Опади також спричиняють розвитку гнилісних бактерій, цвілі, що також погіршує поживну цінність корму.

Отже, якісні показники сінажу збільшуються із зростанням часу польової сушки. Зниження втрати якісних показників корму можливе за рахунок прискорення процесу сушки трав'яної маси.

Саме ворущіння трав'яної маси являється одним із ефективних методів прискорення сушки.

Як вказано багатьма дослідниками, інтенсивність видалення вологи із не ворущеної трав'яної маси не перевищує 1,0% за годину. В той же час, при ворущінні трав швидкість видалення вологи збільшується у два рази і може перевищувати 2% за годину часу сушки.

Дослідження проводились при заготівлі сінажу із конюшини червоної, вологістю при скошуванні 80%.

Умови проведення досліджень

Площа поля; га 50

Довжина поля: м 500

Ширина: м 100

Рельєф поля: $i = 2 \%$

Урожайність: ц/га 150 ц

Склад агрегату: трактора Lovol 504 та ворушилки Sitrex RT-5800H.

Агротехнічні вимоги при виконанні досліджень

Роботи по ворущінню покосів припиняти при вологості трав'яної маси 60%.

Робочі органи при виконанні операції ворущіння не повинні забруднювати прив'ялену трав'яну масу мінеральними домішками більш, ніж на 0,5 %.

Ступінь спущення покосів після проходу ворушилки повинна становити не менше 30 %.

Втрати від оббивання та листків, суцвіття та стебел) не більше 2,5%.

Швидкість руху агрегату при ворущінні 7 - 10 км/год.

3.2 Визначення вологості скошеної маси

Експериментальні дослідження процесу прискорення сушки скошеної трав'яної маси для заготівлі сінажу проводилися у відповідності до стандартних методик.

Досліди були проведені при польовій сушці конюшини червоної першого укосу без ворущіння скошеної маси та з ворущінням.

Періоди проведення досліджень – з 2 по 5 червня 2024 року.

Біометричні параметри рослинної маси конюшини червоної наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Біометричні параметри конюшини червоної

Параметри	Одиниця виміру	Значення
Висота рослин	см	69,3
Облиствленість	%	37,5
Кількість суцвіть на рослині під час скошування	шт.	6

При проведенні досліджень по визначенню вологості трав'яної маси було застосовано цілий ряд приладів та обладнання.

Перелік приладів та їх маркування наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Перелік приладів та їх маркування

Назва приладу	Тип, марка	Діапазон вимірювань/точність вимірювань
Багатофункціональний анемометр	Benetech GM8910	швидк. повітря: 0,7-30 м/с/±0,1м/с вологість: 0 – 100%/±1,5% температура: -20 - +60°C/1°C
Вологомір сіна	Superpro-Combi	вологість: 9 - 60%/ ± 1,5%
Ваги лабораторні	ПРОК SF-400	вага: 0,2 – 5000г/0,01 г
Ваги кранові	Дніпроваг OCS-XZA	вага: 0,01 – 300 кг/1,0г
БІК-аналізатор кормів	AgriNIR	1%

Крім того, для проведення досліджень використовувалось наступне обладнання (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Перелік обладнання

Назва обладнання	Тип, марка
Піч муфельна	СНОЛ
Бюкси	БН 4-33
Сітчастий піддон	-

Для проведення досліджень по визначенню зміни вологості скошеної трав'яної маси були використані сітчасті піддони, на яких укладалася трав'яна

маса (рис. 3.1).

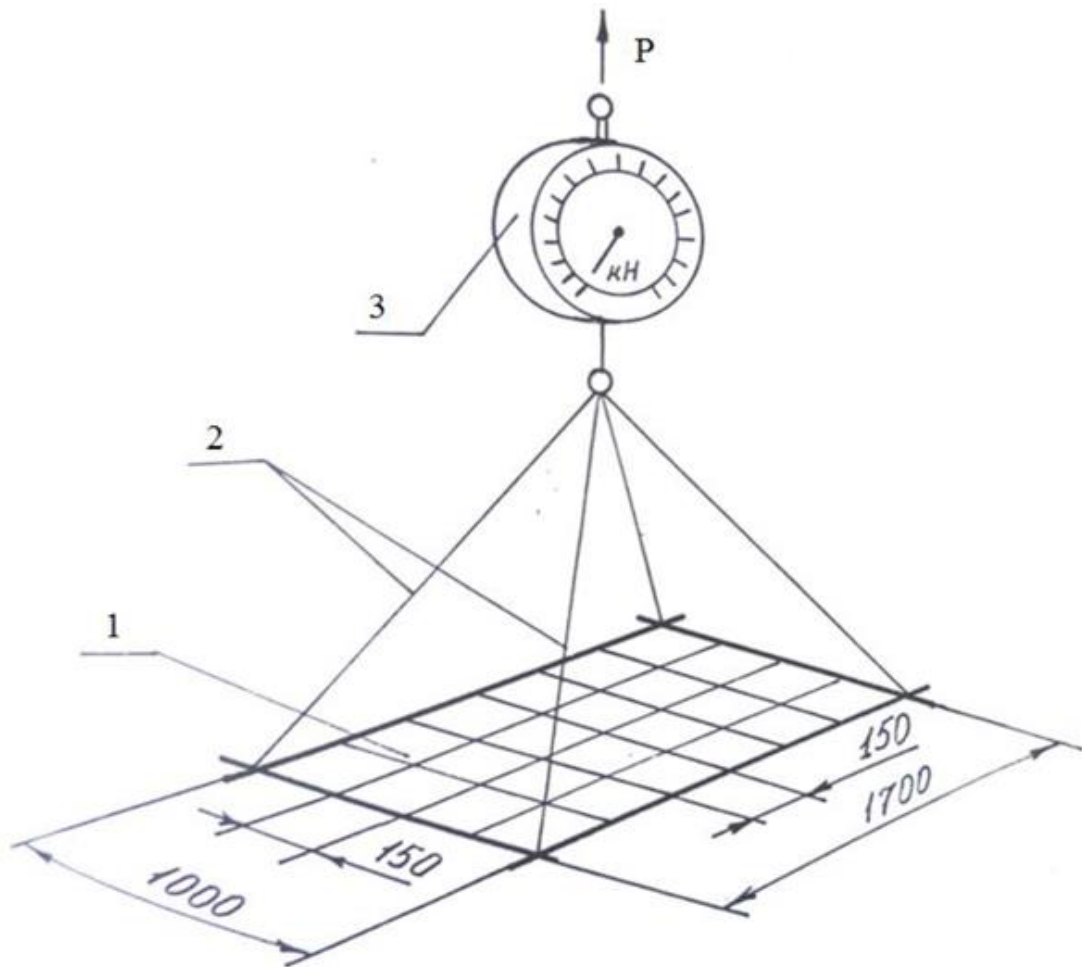


Рисунок 3.1 – Вимірювання ваги рослинної маси: 1 – піддон; 2 – підвісні канати; 3 – динамометр

Початкова вологість скошеної маси визначається методом висушування взятих проб у сушильній шафі при температурі 105°C [18].

Наважку в бюксі зважували на лабораторних вагах, а потім розміщали в сушильну шафу. Після чого, через однакові часові проміжки зразки виймали із сушильної шафи та розміщали в ексикатор на 1800 с. Після чого, зразки виймали та зважували. Експеримент продовжували до того часу, поки різниця двох зважувань була меншою від $1 \cdot 10^{-7}$ кг. При умові доведення даного співвідношення маса посліднього зважування вважається постійною масою, після чого експеримент завершували.

Знаходження вмісту води в зразках розраховували за наступною формулою:

$$\varphi = \frac{m_{\text{іі}} - m_{\text{єі}}}{m_{\text{єі}}} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де $m_{\text{поч}}$ – початков. маса наважки, г.;

$m_{\text{кін}}$ – кінц. маса наважки, г.

Для визначення зміни вологості трав'яної маси під час її просушування проводилися контрольні зважування відібраних проб на вибраних ділянках прокошу. Під час зважувань замірювалася температура повітря та його відносна вологість.

Дослідження проводилися зразу після скошування трав'яної маси та після кожного ворухіння при досягненні трав'яною масою, що сінажується вологості 60%.

Дослідження проводилися кожного разу трикратно, визначалось середнє значення вимірів.

Результати досліджень оброблялися з використанням елементів матстатистики.

По результатах досліджень були побудовані графічні залежності для полегшення аналізу.

Процес видалення вологи із скошеної трав'яної маси при пров'ялюванні рослин описується залежністю:

$$Mt = M_{co} + M_{bo} \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (3.2)$$

де Mt - поточна маса рослин;

M_{co} – постійна складова маси - маса абсолютно сухої речовини;

M_{bo} - маса стартової вологи на початку пров'ялювання;

$M_{bo} \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right)$, - змінна складова маси;

T – постійна часу процесу пров'ялювання.

У залежності (3.1) T характеризує швидкість протікання процесу пров'ялювання трав'яної маси з урахуванням; теплотехнічних умов сушіння, біоструктурного стану, умов переміщення вологи у середині рослинної маси та вологовіддачі всього масиву .

При проведенні досліджень по визначенню зміни вологості трав'яної маси при сушці без ворущіння та з використанням ворущіння визначався за допомогою БІК-аналізатор кормів вміст протеїну.

3.3 Експериментальні дослідження процесу прискорення сушки за рахунок ворущіння

Перед скошуванням травостою відбиралися проби трав'яної маси у кількості трьох проб. Проби відбиралися з метою визначення врожайності та вологості рослинної маси.

Перед скошуванням травостою відбиралися проби трав'яної маси у кількості трьох проб. Проби відбиралися з метою визначення врожайності та вологості та визначення вмісту протеїну у трав'яній масі, що сінажується.

Початок скошування травостою припадав на 8 годин ранку. Метеорологічні заміри проводились зразу після скошування.

Дослідження процесу сушки скошеної маси проводились на контрольних ділянках.

Метеорологічні показники під час проведення досліджень були наступні:

- середня температура повітря 26,2⁰С;
- відносній вологості повітря 42,3%;
- швидкості вітру 1,5 м/с.

Динаміку зміни вологості трав'яної маси визначали за методикою, що наведена була вище (підрозділ 3.2) – трав'яну масу без порушення її структури переміщували на сітчастий піддон (рис. 3.1) та проводили зважування із фіксуванням початкової ваги та вологості. Зважування проводились через кожні 2 години.

За формулою 3.3 визначали зміну вологості скошеної маси під час сушки.

$$\omega_t = k_c \cdot \left[100 - \frac{Q_0}{Q_t} \cdot (100 - \omega_0) \right], \quad (3.3)$$

де k_c – коефіцієнт, що враховує зміну під час сушки сухих речовин;

w_t – вологість трав'яної маси при зважуванні, %;

Q_0 – початкова вага трав'яної маси, кг;

Q_t – вага трав'яної маси, що зважується, кг.

В результаті досліджень було визначено початкову вологість свіжоскошеної маси конюшини червоної - 80%.

При пров'ялюванні трав'яної маси задаємось максимальним значенням вологості при якому допустиме сінажування - 60% [4, 28].

Дана вологість була вибрана із урахуванням рекомендацій ряду дослідників [2, 4, 26], в роботах яких відзначалося, що під час підбирання сіна прес-підбирачами та його транспортування йде зниження вологості рослинної маси на 1-2%. Тобто, фактична вологість маси, що буде сінажуватися буде в межах 59 - 58%.

Перші дослідження, для порівняння, проводимо при польовій сушці трав'яної маси без ворущіння (пров'ялювання) за вище зазначеною методикою.

Результати досліджень польової сушки конюшини червоної без ворущіння наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати досліджень польової сушки без ворущіння

№ заміру	Час сушки, год	Вологість трав'яної маси, %
1	0	80,0
2	2	74,1
3	4	72,4
4	6	69,9
5	8	69,2
6	10	68,6
7	12	68,1

Як видно із таблиці 3.4, найбільш інтенсивно сушка проходила в перші чотири години, потім відбувалося зниження процесу сушки протягом наступних 2 годин і ще більше сповільнення на протязі наступних 6 годин. Останнє сповільнення, здебільшого, було пов'язане із висушуванням

верхнього шару трав'яної маси до значень, що наближені до рівновагової вологості.

При замірах вологості скошеної маси також паралельно проводився замір вмісту протеїну в масі, що зважувалася через кожні 4 години за допомогою БІК-аналізатора кормів AgriNIR.

Результати замірів наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати замірів вмісту протеїну

№ заміру	Час сушки, год	Вміст протеїну в трав'яної маси, %
1	0	19,9
2	4	19,6
3	8	18,9
4	12	18,7

Як видно із таблиці 3.5, із часом вміст протеїну в трав'яній масі, що сушиться зменшувався.

Для проведення експериментальних досліджень по визначенню динаміки зміни вологості при сушці скошеної маси із ворущінням візьмемо наближені дані різних дослідників [23, 25] по установленню часу на сушку конюшини червоної першого укусу – 12 годин.

У відповідності до розділу 2, розділимо час сушки на три ділянки – по 4 години кожна.

Для проведення досліджень на кожній із вибраних ділянки проводимо ворущіння трав'яної маси і визначаємо показники вологості та вмісту протеїну.

Результати досліджень по визначенню динаміки зміни вологості трав'яної маси та вмісту протеїну на кожній із ділянок (див. рис. 2.1) заносимо у таблиці 3.6 -3.11.

Перші дослідження проводились при ворущінні через 2 години після скошування травостою.

Результати досліджень польової сушки з ворущіння через 2 год після скошування наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати досліджень польової сушки з ворущіння (через 2 год після скошування)

№ заміру	Час сушки, год	Вологість трав'яної маси, %
1	0	80,0
2	2	74,1
3	4	69,2
4	6	67,1
5	8	61,2
6	10	59,1
7	12	56,9

Як видно із таблиці 3.6, при ворущінні через 2 години після скошування, вологість трав'яної маси через 12 годин буде становити 55,9%, а допустимої межі вологості для сінажування дана маса набуде через 10 годин.

Результати проведених замірів вмісту протеїну в масі при ворущінні через 2 години після скошування наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати замірів вмісту протеїну

№ заміру	Час сушки, год	Вміст протеїну в трав'яної маси, %
1	0	19,9
2	4	19,7
3	8	19,5
4	12	19,0

Як видно із таблиці 3.7, із часом вміст протеїну в трав'яній масі також зменшувався.

Другі дослідження проводились при ворущінні через 6 години після скошування травостою.

Результати досліджень польової сушки з ворущіння через 6 год після скошування наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Результати досліджень польової сушки з ворущіння (через 6 год після скошування)

№ заміру	Час сушки, год	Вологість трав'яної маси, %
1	0	80,0
2	2	74,1
3	4	72,4
4	6	69,2
5	8	67,0
6	10	65,9
7	12	59,8

Як видно із таблиці 3.8, при ворущінні через 6 години після скошування, вологість трав'яної маси через 12 годин буде становити 59,8%, тобто, в межах допустимої межі вологості для сінажування.

Результати проведених замірів вмісту протеїну в масі при ворущінні через 6 години після скошування наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Результати замірів вмісту протеїну

№ заміру	Час сушки, год	Вміст протеїну в трав'яної маси, %
1	0	19,9
2	4	19,7
3	8	19,4
4	12	18,9

Із таблиці 3.9 видно, що із збільшенням часу на сушку вміст протеїну в трав'яній масі зменшувався.

Наступні дослідження проводились при ворущінні через 10 години після скошування травостою.

Результати досліджень польової сушки з ворущіння через 10 год після скошування наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Результати досліджень польової сушки з ворущіння (через 10 год після скошування)

№ заміру	Час сушки, год	Вологість трав'яної маси, %
1	0	80,0
2	2	74,1
3	4	72,4
4	6	69,9
5	8	69,2
6	10	68,6
7	12	64,8

Як видно із таблиці 3.10, при ворушінні через 10 години після скошування, вологість трав'яної маси через 12 годин буде становити 64,8%, що вище допустимої межі вологості для сінажування.

Результати проведених замірів вмісту протеїну в масі при ворушінні через 10 години після скошування наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Результати замірів вмісту протеїну

№ заміру	Час сушки, год	Вміст протеїну в трав'яної маси, %
1	0	19,9
2	4	19,6
3	8	18,9
4	12	18,8

Із таблиці 3.1 видно, що із через 12 годин сушки вміст протеїну в рослинній масі зменшився на 1,1%.

На основі проведених експериментальних досліджень та оброблених даних для більшої наглядності будуємо графіки впливу ворушіння скошеної маси конюшини червоної від часу проведення даної операції на динаміку процесу вологовіддачі (рис. 3.2) та вмісту протеїну в даній масі (рис. 3.3).

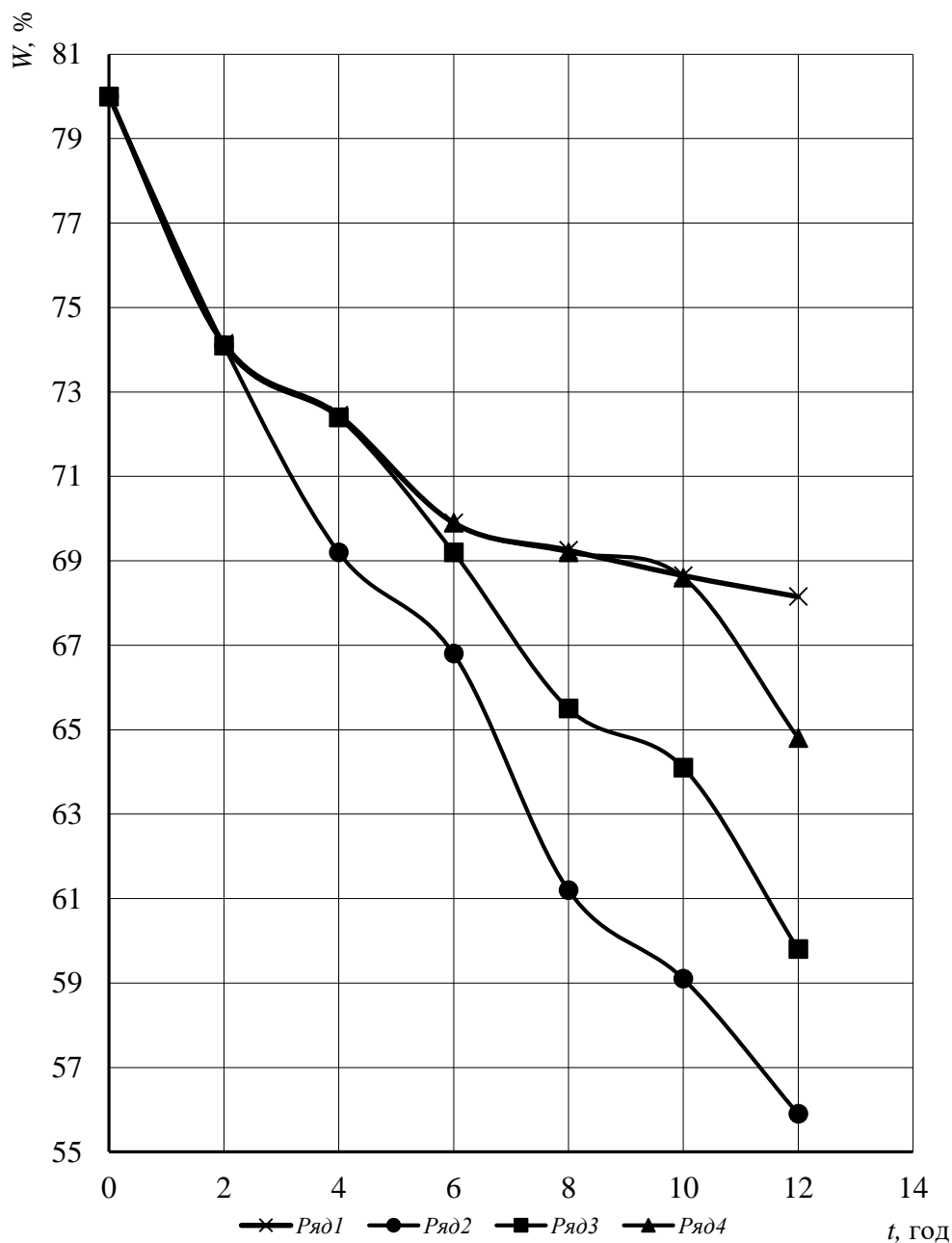


Рисунок 3.2 – Динаміка вологовіддачі трав'яної маси під час сушки в прокосі: *ряд 1* – без ворушіння; *ряд 2* – ворушіння через 2 год; *ряд 3* – ворушіння через 6 год; *ряд 4* – ворушіння через 10 год

Як видно із графіків, (рис. 3.2), при природній сушці скошеної маси без ворушіння через 12 годин сушки вологість зменшиться від 80,0% до 68,1%, тобто, зменшиться на 11,9%.

При природній сушці скошеної маси з виконанням ворушіння маси через 2 години після зрізу, через 12 годин вологість зменшується від 80,0% до 55,9%, на 24,1%. При ворушінні через 6 годин після скошування вологість зменшилась на 20,2%, а при ворушінні через 10 годин після скошування

зменшення вологості становить 15,2%.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження підтвердили теоретичні відносно доцільності ворущіння скошеної трав'яної маси на першій ділянці із-за більш динамічної вологовіддачі. При максимально можливому теоретичному абсолютному зниженню вологовіддачі трав'яної маси на першій ділянці 39,1%, фактичне значення при експериментальних дослідженнях становило 24,1%.

Зниження вологості до 55,9% при ворущінні через 2 години після скошування, та до 59,9% при ворущінні після 6 годин вказують на доцільність проведення одної операції ворущіння для підбирання рулонним прес-підбирачем маси, що сінажується та закладки рулонів на зберігання.

Графічно динаміку зміни вмісту протеїну у скошеній масі, що просушується від часу сушіння представлено на рисунку 3.3.

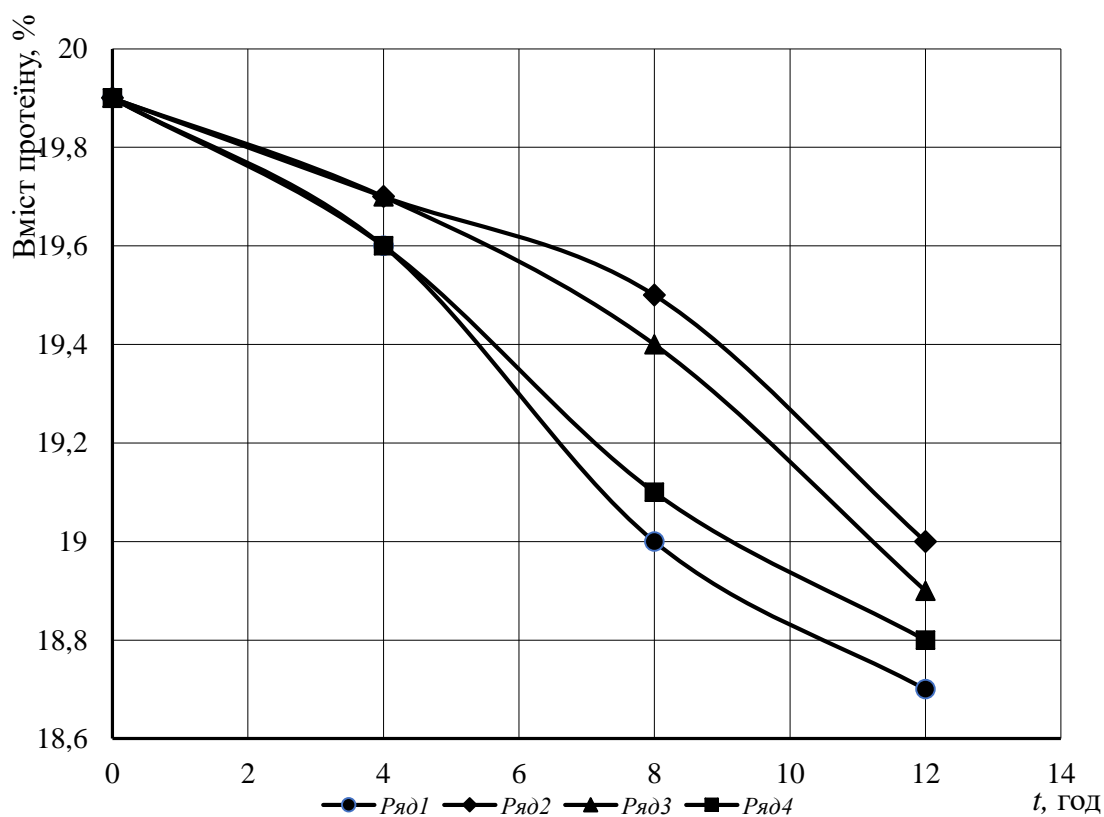


Рисунок 3.3 - Динаміку зміни вмісту протеїну: ряд 1 – без ворущіння; ряд 2 – ворущіння через 2 год; ряд 3 – ворущіння через 6 год; ряд 4 – ворущіння через 10 год

Як видно із графіків (рис. 3.3), через 12 годин сушки втрата протеїну в усіх чотирьох випадках буде не значною. Найбільша втрата буде при сушці без

ворушіння – 1,2%, найменша – при сушці з ворушінням трав'яної маси через 2 години після скошування – 0,9%. Тобто, різниця у втраті протеїну при різних видах польової сушки становить 0,3%. При збиранні через 11 годин (після ворушіння через 2 години після скошування), різниця у втратах становитиме 0,4%.

Висновок. Проведені дослідження показали достатність виконання одного ворушіння через 2 годин після зрізу трав'яної маси і просушування маси на протязі 12 годин для її сінажування (вологість 55,9%).

При ворушінні маси через 2 години після скошування підбирання валків можливе через 11 годин (вологість маси 59,1%), що забезпечує мінімізацію втрат листя та бутонів конюшини.

Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні відносно доцільності ворушіння скошеної трав'яної маси на першій ділянці із-за більш динамічної вологовіддачі. При максимально можливому теоретичному абсолютному зниженню вологовіддачі трав'яної маси на першій ділянці 39,1%, фактичне значення при експериментальних дослідженнях становило 24,1%.

Дослідженнями було виявлено, що мінімальні втрати протеїну в масі для сінажування після 12 годин сушки будуть при її ворушінні через 2 години після скошування – 0,9%, а при згрібанні після 11 годин, що допустимо, – 0,8%.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ

4.1 Аналіз стану охорони праці в господарстві

Охорона праці – це комплекс законодавчих положень, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і медичних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я та працездатності працівників. Основними елементами системи охорони праці є трудове законодавство, санітарія на виробництві, а також заходи безпеки щодо використання різних технічних засобів у виробничих процесах, зокрема в сільському господарстві, з урахуванням вимог пожежної безпеки [21].

Трудове законодавство регулюється низкою нормативних актів, зокрема Конституцією України, Кодексом законів про працю та Законом України «Про охорону праці» [22]. Встановлено вимоги до конструкції тракторів, самохідних і інших сільськогосподарських машин: вони мають бути обладнані засобами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями, інструментами та документацією. Ці вимоги охоплюють також стійкість машин, гідро- і пневмоприводи, робоче місце оператора, органи управління та інші конструктивні елементи, що впливають на безпеку і комфорт оператора.

Для безпечного виконання технологічних процесів важливо досягти максимальної механізації й автоматизації робіт, а також застосовувати дистанційне керування на небезпечних виробничих ділянках. Використання сільськогосподарської техніки, яка не пройшла обкатки та технічного огляду, під час технологічних операцій заборонено.

Під час робіт небезпечні зони й відповідні місця на знарядді позначаються знаками безпеки. Агрегати, що містять причіпні машини з робочими місцями, повинні бути обладнані справною двосторонньою сигналізацією. Самохідні машини й агрегати мають бути оснащені медичними аптечками, термосами з питною водою та засобами пожежної безпеки.

В агропідприємствах малих форм господарювання обов'язки інженера по техніці безпеки виконує інженер господарства, який призначений на цю

посаду наказом, або при малій кількості працівників, керівник господарства [21, 22].

За стан пожежної безпеки в даних підприємствах відповідає його керівник.

4.2 Охорона праці при вирощуванні конюшини і заготівлі сінажу

Оскільки тема дипломного проекту пов'язана з механізацією процесів вирощування конюшини та заготівлі сінажу, важливо детально розглянути питання охорони праці під час виконання цих робіт. У сучасному сільському господарстві для вирощування й збирання сільськогосподарських культур, зокрема конюшини, використовується велика кількість техніки. Тільки правильне застосування цих машин з дотриманням усіх вимог техніки безпеки може забезпечити ефективну працю й збереження здоров'я працівників.

Розглянемо технологічну операцію сівби конюшини, яку висівають під покривом ярого ячменю. На полі, де проводиться сівба, організовують спеціально облаштовані зони. Зокрема, створюється місце для відпочинку (бажано пересувний вагончик), на відстані 10-15 метрів облаштовується майданчик для куріння, пожежний майданчик із протипожежним інвентарем (ящик із піском, лопати, вогнегасники), а також майданчик для зберігання технологічних матеріалів (насіння, мінеральних добрив). З іншого боку поля розміщується транспортний майданчик для прийому їжі.

Дотримання цих вимог сприяє створенню безпечного середовища для праці та збереженню здоров'я працівників під час вирощування конюшини та заготівлі сінажу.

Заходи з охорони праці під час заготівлі сінажу, які відіграють ключову роль у забезпеченні безпечних і продуктивних умов роботи.

Перед початком роботи з заготівлі сінажу механізатори та робітники обов'язково проходять інструктажі з безпеки праці й пожежної безпеки. Кожна дрібниця має значення: під час транспортування косарки леза різального апарата захищені спеціальними щитками, що допомагають

уникнути випадкових порізів. Перед запуском агрегату й під час роботи важливо переконатися, що поблизу не перебуває жодна людина.

Якщо на трактори встановлено навантажувальне обладнання, ширина колії передніх коліс має складати щонайменше 1400 мм, а задніх – 1900 мм для більшої стійкості. Трактори та комбайни мають оснащуватися двосторонньою сигналізацією, а для комфорту й безпеки працівників – медичними аптечками та термосами з питною водою. Спеціально облаштовані місця для відпочинку, куріння, зберігання і заправки техніки створюють продумане робоче середовище.

Дотримання правил безпеки є обов'язковим.

Заборонено:

- починати роботу без перевірки всіх захисних екранів і огорож;
- обслуговувати робочі механізми на ходу або при працюючому двигуні;
- очищати ріжучі апарати й обертові частини під час роботи чи на холостому ходу;
- змащувати ланцюги та інші рухомі елементи при працюючому двигуні;
- використовувати освітлення з напругою понад 12 В;
- допускати проливання палива і мастила під час заправки техніки [21].

Усі ризики, виявлені під час вирощування та заготівлі сінажу з конюшини, були ретельно систематизовані, щоб забезпечити максимально безпечні умови роботи.

На фермерських господарствах, особливо в сезон, робочий день зазвичай триває 8 годин, а взимку – 6 годин. Для заготівлі сінажу використовуються косарки КС-2,1Б і КПС-5Г, що рухаються по полю за загінною схемою з правими поворотами, створюючи своєрідні протипожежні смуги. Місця відпочинку для працівників розташовують у центральній частині прилягаючої лісосмуги.

Часом у сівозміні практикується й кругова схема руху збиральних агрегатів з виділенням спеціальних прокосів для диких тварин, що підвищує екологічність процесу заготівлі сінажу.

4.3 Вимоги безпеки під час заготівлі сінажу

1. зернозбиральні комбайни та транспортні засоби мають бути оснащені автоматичною зчіпкою, яка дозволяє швидко від'єднати наповнений причіп та приєднати порожній, не залучаючи додаткового працівника. Це сприяє безперервному руху агрегату та підвищує безпеку.

2. Всі дії трактористів при розчепленні волокуші з трактором і під час початку руху після розчеплення мають бути погоджені за допомогою сигнальника, який забезпечує безпеку процесу. Сигнальник повинен стояти попереду агрегату, у зоні видимості обох трактористів, які можуть починати рух лише після отримання його сигналу.

3. Для безпечного скиртування працівники мають бути забезпечені справними вилами, страхувальними пристроями та засобами сигналізації, що дозволяють їм безпечно працювати з сінажними матеріалами.

4. Скиртувальні роботи слід проводити виключно у світлий час доби, оскільки зниження видимості може призвести до травм. Категорично заборонено виконувати ці роботи під час негоди: грози, дощу чи сильних поривів вітру, коли ризики надзвичайно високі.

5. Розташування ям і рулонів у зоні охорони ліній електропередач заборонено. Така вимога спрямована на запобігання випадковому контакту з лініями електропередач, що може призвести до серйозних травм та аварій.

6. Вимоги безпеки під час сінажування трав

- на завершальних етапах формування сінажної ями має залишитися не більше двох працівників для остаточного її вирівнювання.

7. Укладання рулонів сінажу

- сінажні рулони повинні укладатися не вище, ніж в три яруси.
- укладачі мають залишатися на відстані не менше 1,5 метрів від краю укладання, або кузова автомобіля, щоб запобігти падінню.

8. Механізоване укладання рулонів

- рулони слід укладати на рівній поверхні, щоб уникнути їхнього неконтрольованого розкочування, яке може спричинити травми чи пошкодження.

9. Запобігання нахилу штабеля

- рулони та тюки необхідно укласти рівномірно. У разі нахилу штабеля потрібно закріпити його упорами або відтяжками до завершення складування або розбирання.

10. Заборона перебування під піднятими вантажами

- під час укладання рулонів за допомогою кранів або навантажувачів працівники не повинні перебувати під піднятими вантажами або в зоні дії стріли навантажувальної машини, що допоможе уникнути серйозних травм.

11. Вимоги безпеки під час розрізання сінажу

- розрізання сінажу в ямі скирторізом слід виконувати лише за наявності допоміжного працівника (сигнальника), який забезпечує додатковий контроль. Сигнальник має перебувати за межами зони можливого падіння пиляльного ланцюга, щоб уникнути травм у разі несправності або обриву ланцюга.

12. Обмеження біля робочих зон для подрібнення та завантаження

- перебувати поблизу потоку подрібненої маси, а також поруч із робочими органами машин, що одночасно подрібнюють і пневматично завантажують сінаж у транспорт, заборонено через ризик травмування.

13. Робота під навислими козирками

- під час розбирання ям не дозволяється працювати під навислими козирками, які можуть обвалитися, що знижує ризик травм від раптового падіння сінажної маси.

14. Безпека під час роботи з прес-підбирачем

Під час роботи прес-підбирача дотримуйтеся таких обмежень:

- не перебувайте на прес-підбирачі;
- не заглядайте до пресувальної камери;
- не втручайтеся руками у в'язальний апарат для вправлення шпагату;
- не наближайте до зони обертання маховика;
- не проштовхуйте руками масу до приймальної камери.

15. Вимоги під час роботи з рулоноукладачем

- Під час роботи рулоноукладача працівникам забороняється підходити ближче ніж за 1 метр до робочих ланцюгів підбирача та поперечного транспортера, а також проштовхувати тюки вручну в підбирач під час його руху, щоб уникнути ризику затягування або травмування.

16. Докладання обвалених рулоні

- Рулони, що обвалилися, дозволяється докладати вручну лише після повної зупинки агрегату, щоб уникнути ризику затягування або травмування.

17. Вимоги під час розвантаження штабеля

- Перед початком вивантаження необхідно переконатися, що в небезпечній зоні не перебувають люди. У процесі розвантаження вручну поправляти штабель суворо заборонено.

19. Закладання сінажу

- Роботи із закладання сінажу дозволяється проводити лише у світлий час доби. В траншеях заглибленого типу трамбування силосної маси у темний час дозволяється тільки одним трактором, якщо відсутні інші працівники та наявне стаціонарне освітлення всієї робочої зони.

20. Трамбування маси гусеничними тракторами

- Для трамбування сінажу можна використовувати тільки гусеничні трактори загального призначення. Двері кабіни під час трамбування повинні бути зафіксовані у відкритому положенні.

21. Використання тракторів із розрівнювальним пристроєм

- Дозволяється використовувати трактори тільки з передньонавішеними розрівнювальними пристроями для рівномірного ущільнення маси.

22. Обмеження кількості тракторів у траншеях

- На кургані, бурті або в траншеї дозволяється працювати лише одному трактору. У траншейних сховищах, ширших за 12 метрів, можуть одночасно працювати не більше двох гусеничних тракторів загального призначення.

23. Вимоги при роботі з хімічними консервантами

- Роботи з внесення хімічних консервантів повинні виконувати щонайменше двоє працівників, обладнаних спеціальним одягом, взуттям, а також засобами індивідуального захисту для органів дихання та зору.

Висновок. Проаналізовані заходи з охорони праці, що допомагають забезпечити безпечну роботу працівників при заготівлі сінажу. Розроблені вимоги безпеки під час збирання та заготівлі сінажу забезпечують проведення робіт без травмування, та пошкодження техніки.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Підвищення якості сінажу, поліпшення його продуктивної дії, зниження втрат поживних речовин та псування в процесі його зберігання сприятиме росту продуктивності тварин і ефективності тваринницької галузі в цілому [2, 4, 6, 9, 11].

У розділах 2, 3 обґрунтовано доцільність проведення ворущіння скошеної трав'яної маси та необхідність виконання даної операції в певний час, що позитивно впливає як на терміни заготівлі сінажу, якісні показники даного корму, так і на зменшення фізичних втрат при його заготівлі.

Основним критерієм економічної ефективності механізованого процесу заготівлі сінажу для великої рогатої худоби є його собівартість.

Як було відмічено в розділі 1, технологія заготівлі сіна в рулони з вологістю 30% має цілий ряд переваг. Перш за все, це якість самого корму та значне зниження втрат у вигляді обім'ятого листя та відірваних суцвіть. Як вказано в [6, 7, 9], дані втрати можуть перевищувати 10% від загальної маси сіна, що заготовлюється.

Поживна цінність одного кілограму сінажу з конюшини червоної становить 0,35 к. одиниць. В одному кілограмі сінажу міститься 33 грами перетравного протеїну.

Одержання якісного сінажу із указаними показниками можливе при мінімізації часу перебування скошеної трави у полі при пров'ялюванні і тому підбирання скошеної маси розпочинають при вологості 55- 60%.

Як зазначено в роботах [4-6, 16] ворущіння при вологості до 70% приводить до втрати 2% трав'яної маси. При вологості від 70 до 65% втрати збільшуються на 1 %. Кожне послідує ворущіння збільшує втрати на 1% від попереднього. Причому, ці втрати припадають на найбільш цінну частину стебел – листову.

Як зазначено в розділі 3, зменшення втрат протеїну при згрібанні через 2 години після скошування і часі сушки 11 годин буде на 2% від загальної маси трав у порівнянні із ворущінням через 10 годин після скошування.

Таким чином, вибраний правильно час ворущіння забезпечить не тільки покращення якості кормів, зменшення часу на їх заготівлю, затрат праці та енергії, а й зменшення механічних та фізичних втрат. Сумарне зменшення даних втрат буде становити 3% від загальної маси трави, що сінажується.

Технологія заготівлі сінажу із ворущінням у запропонований час буде ефективною лише тоді, коли забезпечується виконання умови [23, 24]:

$$V_{зсін} < V_{рсін} \quad (5.1)$$

де, $V_{зсін}$ – вартість заготівлі 1 тони сінажу при запропонованому часу ворущіння, грн;

$V_{рсін}$ – вартість реалізації 1 тони сінажу, грн.

Для того, щоб технологія була ефективною - вартість заготівлі сінажу повинна бути нижчою, ніж ціна по якій він реалізується. Технологія заготівлі повинна бути прибутковою, рентабельною.

Урожайність трави конюшини червоної становить 150 ц/га.

У агропідприємства, де проводились дослідження (ПрАТ «Сад») собівартість трав'яної маси конюшини червоної становить 274,0 грн.

Із прайсів різних компаній [29-31] визначаємо середню вартість 1 тони конюшини червоної – 301,6 грн/т (В).

Тобто, собівартість трав'яної маси одного гектару ($СВ_{трга}$) становитиме:

$$СВ_{трга} = V_{тр} \cdot Ц_{тр}, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де, $V_{тр}$ – врожайність трави, т/га;

$Ц_{тр}$ – собівартість продукції, г/га

$$СВ_{трга} = 15,0 \cdot 274,0 = 4110,0 \text{ грн}$$

Визначаємо собівартість всієї трав'яної маси із площі 50 га ($\sum СВ_{тр}$):

$$\sum СВ_{тр} = S_{тр} \cdot V_{трга}; \text{ грн} \quad (5.2)$$

де, $S_{тр}$ – площа під культурою;

$$\sum СВ_{тр} = 50,0 \cdot 4110,0 = 205500; \text{ грн}$$

Визначаємо зменшення втрат трав'яної маси з усієї площі у натуральному виразі (ΔV).

Валовий збір трав'яної маси (V):

$$V = S_{тр} \cdot U_{тр}; \text{ т} \quad (5.3)$$

де, $U_{тр}$ – урожайність культури.

$$V = 50,0 \cdot 15,0 = 750, \text{ т}$$

Тоді,

$$\Delta V = 750 \cdot 3/100 = 22,5, \text{ т}$$

Визначаємо розмір заощаджених коштів (E_k) при впровадженні технології ворущіння трав'яної маси після 2 год. по скошуванню:

$$E_k = \Delta V \cdot C_{тр}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

$$E_k = 22,5 \cdot 274,0 = 6165 \text{ грн.}$$

Тоді, собівартість валової продукції за новою технологією буде становити ($\sum CB_n$):

$$\sum CB_n = \sum CB_{тр} - E_k, \text{ грн} \quad (5.5)$$

$$\sum CB_n = 205500 - 6165 = 199335, \text{ грн}$$

Чистий прибуток за існуючою технологією (Π_i):

$$\Pi_i = C_p - CB; \text{ грн} \quad (5.5)$$

де, C_p – ціна реалізації всієї маси з площі 50 га, грн

$$C_p = V \cdot B, \text{ грн} \quad (5.6)$$

$$C_p = 750,0 \cdot 301,6 = 226200, \text{ грн}$$

$$\Pi_i = C_p - \sum CB_{тр}; \text{ грн} \quad (5.7)$$

$$\Pi_i = 226200 - 205500 = 20700, \text{ грн}$$

Чистий прибуток по запропонованій технології:

$$\Pi_3 = C_p - \sum CB_n, \text{ грн} \quad (5.8)$$

$$\Pi_3 = 226200,0 - 199335,0 = 26865 \text{ грн}$$

Визначаємо існуючу рентабельність (P_i):

$$P_i = (\Pi_i / \sum CB_{тр}) \cdot 100\%, \quad (5.9)$$

$$P_i = (20700 / 199335) 100\% = 10,4\%$$

Визначаємо рентабельність при застосуванні запропонованої технології (P_3):

$$P_3 = (\Pi_3 / \sum CB_{тр}) \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

$$P_3 = (26865 / 199335) 100\% = 13,5\%$$

Підвищення рентабельності буде становити (ΔP):

$$\Delta P = P_3 - P_i, \% \quad (5.11)$$

$$\Delta P = 13,5 - 10,4 = 3,1\%$$

Висновок: Запропонована технологія ворушіння сінажу конюшини червоної забезпечує підвищення рентабельності виробництва сінажу на 3,1% що вказує на її доцільність.

ВИСНОВКИ

1. Проведені теоретичні дослідження показують, що найбільш інтенсивно втрачається волога із скошеної трави на першій ділянці кривої пров'ялювання. У подальшому, інтенсивність втрати вологості зменшується.

2. Проведені дослідження показали достатність виконання одного ворущіння через 2 годин після зрізу трав'яної маси і просушування маси на протязі 12 годин для її сінажування (вологість 55,9%).

3. При ворущінні маси через 2 години після скошування підбирання валків можливе через 11 годин (вологість маси 59,1%), що забезпечує мінімізацію втрат листя та бутонів конюшини.

4. Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні відносно доцільності ворущіння скошеної трав'яної маси на першій ділянці із-за більш динамічної вологовіддачі. При максимально можливому теоретичному абсолютному зниженню вологовіддачі трав'яної маси на першій ділянці 39,1%, фактичне значення при експериментальних дослідженнях становило 24,1%.

5. Дослідженнями було виявлено, що мінімальні втрати протеїну в масі для сінажування після 12 годин сушки будуть при її ворущінні через 2 години після скошування – 0,9%, а при згрібанні після 11 годин, що допустимо, – 0,8%.

6. Проаналізовані заходи з охорони праці, що допомагають забезпечити безпечну роботу працівників при заготівлі сінажу. Розроблені вимоги безпеки під час збирання та заготівлі сінажу забезпечують проведення робіт без травмування, та пошкодження техніки.

7. Запропонована технологія ворущіння сінажу конюшини червоної забезпечує підвищення рентабельності виробництва сінажу на 3,1% що вказує на її доцільність.