

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр" на тему:

**Обґрунтування технологічного процесу та  
конструктивних параметрів косарки-плющилки**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-22  
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

\_\_\_\_\_ Борисенко Данііл Дмитрович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Пугач Андрій Миколайович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ \_\_\_\_\_.

(назва кафедри)

доцент \_\_\_\_\_.

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище,  
ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

\_\_\_\_\_.  
Борисенко Даніілу Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів косарки плющилки

керівник роботи Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«09» листопада 2023 року № 3422

**2. Строк подання студентом роботи** 24.11.2023 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасних технологічних процесів та задачі досліджень 2. Теоретичні дослідження процесу роботи та обґрунтування параметрів, впливаючих на процес плющення 3. Програма іметодика експериментальних досліджень 4. Результати експериментальних досліджень 5. Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічна ефективність

впровадження результатів досліджень. Висновки. Список використаних джерел.

### **5. Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз літературних і патентних джерел. 3. Теоретичні дослідження. 4. Програма і методика досліджень 5. Результати досліджень. 6. Економічні показники. 7. Висновки

### **6. Консультанти розділів роботи**

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|---|----------------|------------------|
|               |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 2             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 3             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 4             | Пугач А.М., професор                      |                |                  |
| 5             | Деркач О.Д., доцент                       |                |                  |
| 6             | Вінніченко І.І., професор                 |                |                  |
| нормоконтроль | Теслюк Г.В., доцент                       |                |                  |

7. Дата видачі завдання: 20.09.2022 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)         | до 18.04.2023 р.              | Виконав  |
| 2     | Теоретичний                     | до 20.06.2023 р.              | Виконав  |
| 3     | Експериментальний               | до 12.09.2023 р.              | Виконав  |
| 4     | Охорона праці                   | до 17.10.2023 р.              | Виконав  |
| 5     | Економічний                     | до 07.11.2023 р.              | Виконав  |
| 6     | Демонстраційна частина          | до 14.11.2023 р.              | Виконав  |

**Студент**

\_\_\_\_\_ .  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ .  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )



## РЕФЕРАТ

Борисенко Д.Д. Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів косарки плющилки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

У першому розділі представлено аналіз сучасних технологічних процесів заготівлі грубих кормів.

У другому розділі проведено теоретичні дослідження процесу плющення рослинної маси.

У третьому розділі представлено програму та методику експериментальних досліджень.

У четвертому розділі приведено результати експериментальних досліджень.

У п'ятому розділі приведено аналіз стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

У шостому розділі приведено оцінку економічної ефективності від впровадження

**Ключові слова:** заготівля сіна, косарка-плющилка, кормовиробництво, вальці, прокіс, вологість, технологія заготівлі.

Борисенко Д.Д. Аналіз технологічних засобів прискорення сушіння скошених трав шляхом їх плющення / Д.Д. Борисенко // Proceedings of III International Scientific and Practical Conference Liverpool, United Kingdom, 2-4 November 2023. P. 19-22.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП.....   | 8  |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЗАДАЧІ<br>ДОСЛІДЖЕНЬ.....  | 11 |
| 1.1 Аналіз технологій заготівлі сінажу і сіна.....   | 11 |
| 1.2 Біологічні особливості польового сушіння трав.....   | 16 |
| 1.3 Аналіз технічних засобів прискорення сушіння трав шляхом їх<br>плющення.....                               | 20 |
| Висновки.....  | 35 |
| 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЦЕСУ РОБОТИ ТА<br>ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ, ВПЛИВАЮЧИХ НА ПРОЦЕС<br>ПЛЮЩЕННЯ.....   | 36 |
| 2.1 Визначення впливу параметрів поділу рослинної маси на якість<br>процесу плющення.....                      | 36 |
| 2.2 Обґрунтування умови підводу плющильною секцією стебел.....   | 40 |
| 2.3 Визначення діаметра ведених та ведучих роликів безкінечної стрічки<br>плющильного апарату.....             | 42 |
| 2.4 Обґрунтування кінематичних параметрів плющильного апарату....  | 45 |
| Висновки.....  | 50 |
| 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ<br>ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 51 |
| 3.1 Програма експериментальних досліджень.....   | 51 |
| 3.2 Визначення довжини та діаметра стебел люцерни.....   | 52 |
| 3.3. Методи визначення показників впливу сформованого валка з<br>використанням запропонованої конструкції..... | 53 |
| Висновки.....  | 55 |
| 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....  | 56 |
| 4.1 Дослідження рівномірності вологовіддачі різних частині не<br>плющеного стебла.....                         | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 4.2 Дослідження розподілу вологи у половині плющеного стебла.....                             | 58 |
| 4.3 Визначення швидкості вологовіддачі різних частин стебла.....                              | 60 |
| 4.4 Визначення втрат, які виникають внаслідок впливу робочих органів<br>косарок-плющилок..... | 63 |
| 4.5 Швидкість висушування люцерни в період заготівлі сіна.....                                | 64 |
| Висновки.....   | 68 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....                                       | 70 |
| Висновки.....   | 73 |
| 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....  | 74 |
| Висновки.....   | 79 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....   | 80 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 82 |
| ДОДАТКИ.....  | 85 |

## ВСТУП

Галузь кормовиробництва успішно виконує ключову роль у сучасному сільському господарстві та глобальній продовольчій ланцюзі. Вирощування якісних кормів для тварин є важливим складовим забезпеченням продуктів харчування населення світу, таких як м'ясо, молоко, яйце та інші продукти тваринного походження. Галузь кормовиробництва наступну ключову роль у забезпеченні відповідних харчових ресурсів для населення і сприяє сталому розвитку аграрного сектору.

Наукові дослідження, технологічний прогрес та інновації в галузі кормовиробництва допомагають забезпечити ефективний виробничий процес, підвищують якість кормів та допомагають зменшити вплив на навколишнє середовище. Досліджує розділ роль галузі кормовиробництва в забезпеченні цієї продовольчої безпеки, економічного розвитку та збалансованому вирощуванні тварин для задоволення потреб суспільства.

Ми розглянемо важливі аспекти та вплив галузі кормовиробництва на господарство та суспільство, а також дослідимо її перспективи в контексті сучасних викликів та можливостей.

Завдяки постійному розвитку сучасних технологій, галузь кормовиробництва вдосконалює методи вирощування кормової культури, оптимізує процеси збирання та зберігання кормів і розробляє нові стратегії управління виробництвом. Це допоможе забезпечити стабільний доступ до якісних кормів для тварин, що є великим аспектом глобальної продовольчої безпеки.

Роль галузі кормовиробництва також надзвичайно важлива для збереження природних ресурсів і збалансованого використання земельних площ. Оптимальне вирощування кормових культур знижує негативний вплив на довкілля та забезпечує довгострокову стійкість сільського господарства.

Будемо розглядати різноманітні аспекти галузі кормовиробництва, включаючи технічний прогрес, біологічні інновації, а також економічні та



соціальні впливи. Також важливі виклики і можливості, які стоять перед цією галуззю у майбутньому, і обговоримо способи досягнення сталого розвитку у сфері кормовиробництва. Це допоможе нам краще зрозуміти значення галузі кормовиробництва в сучасному світі та її вплив на сільське господарство, глобальну економіку та екологію, а також відобразити шляхи подальшого розвитку для забезпечення нашого спільного майбутнього. Акцентовано увагу на важливості співпраці між сільськими господарствами, науковцями, виробниками кормів і максимально корисними сторонами. Ця співпраця може сприяти інтеграції нових підходів та технологій в галузь кормовиробництва, що, у свою чергу, покращує продуктивність та стійкість галузі. Усі ці аспекти ролі галузі кормовиробництва є прибутковими для глобальної економіки, продовольчої безпеки та сталого розвитку. У цьому розділі ми докладно розглянемо кожного з них, досліджуємо взаємозв'язки та надаємо шляхи вдосконалення, а також відображаємо сучасні тенденції та виклики, що стоять перед галуззю кормовиробництва. Наголошуємо на важливості розуміння та дослідження ролі галузі кормовиробництва як критичної складової сільського господарства та глобальної продовольчої системи. Надіємося, що цей розділ надасть вам глибоку інформацію яка допоможе краще розуміти та оцінювати важливість цієї галузі для нашого суспільства і нашого світу. Вивчення цих особливостей дозволяє нам краще розуміти, як галузь кормовиробництва впливає на розвиток різних регіонів та покращує стале господарювання.

Загалом, цей дослідження розкриває перед нами широкий спектр аспектів, пов'язаних з галуззю кормовиробництва, і підкреслити її важливість у сучасному світі, де продовольча безпека, екологічність та стійкість залишаються все більш актуальними проблемами. Надіємося, що цей розділ надасть вам глибше розуміння ролі галузі кормовиробництва та її вплив на наше суспільство і середовище, а також сприяти розробці прогресивних рішень для її подальшого розвитку.

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності процесів процесу заготівлі сіна шляхом удосконалення

конструкції косарки-плющилки.

Для досягнення мети в роботі були визначені наступні завдання:

- аналізувати технологічні процеси та конструкції плющилок;
- визначити та обґрунтувати основні фактори, що впливають на процес вологовіддачі при використанні різних способів плющення;
- на основі системного підходу з використанням теорій подібності, моделювання та ймовірності розробити методику дослідження процесу та визначення основних конструктивно-технологічних параметрів косарки-плющилки;
- теоретично та експериментально обґрунтувати процесу обробітку люцерни з урахуванням фізико-механічних властивостей стебла бобових.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес плющення стебел із збереженням найбільш цінних у кормовому відношенні частин рослини.

**Предметом** є – показники якості плющення маси в залежності від конструктивно-технологічних параметрів косарки плющилки.

**Методи дослідження.** Використано метод системного дослідження, теорію планування експерименту, методи фізико-математичного моделювання, математичного аналізу, теорію подібності.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Виведено аналітичні залежності для визначення зв'язку між конструктивними, кінематичними та силовими параметрами механізмів. Проведено експериментальні дослідження, за результатами яких визначено відповідність теоретичних залежностей реальним робочим процесам.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновано інженерну методику розрахунку параметрів плющилки, наведено аналітичні та графічні залежності для вибору їх раціональних параметрів, а також результати техніко-економічної оцінки впровадження розробки.

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Аналіз технологій заготівлі сінажу і сіна

Вміст поживних речовин в сіні та сінажі, в порівнянні із ботанічним складом трав, в значній мірі залежить від своєчасності заготівлі та тривалості перебування скошених трав у полі. При сприятливих погодних умовах та чіткій організації збиральних робіт високої якості можна досягти за допомогою найбільш економічно - вигідної технології заготівлі, яку можна примінити до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Основні технології заготівлі сіна, що використовуються на даний час, - це заготівля у розсипному, пресованому та подрібненому вигляді. Тому проаналізуємо основні технологічні схеми заготівлі кормів.

*Технологія заготівлі розсипного сіна.* Найменш досконалою технологією заготівлі розсипного сіна є технологія заготівлі його з копнуванням. При досягненні вказаної межі вологості траву згрібають у валки, в яких вона доводиться до вологості 30...35%. Після чого її укладають в копиці для подальшого висушування. Одержане, таким чином, сіно завантажують у транспортні засоби, відвозять до місця зберігання і укладають в скирту.

Значно зменшити втрати поживних речовин в порівнянні з технологіями заготівлі сіна польового сушіння дозволяє активне вентилявання. Цей спосіб дозволяє зменшити термін перебування сіна на 2 – 3 дня і збільшити збір сіна на 10 – 15% з гектара. При використанні даного метода підвищується поживність сіна на 20%, а також зменшуються втрати каротина приблизно на половину. При заготівлі сіна за цією технологією прив'ялену до вологості 40 – 45% траву збирають з поля і досушують в місцях зберігання на спеціально виготовлених повітророзподільниках шляхом продування через шар трави атмосферного або підігрітого повітря.

Досушування трави вентиляванням, навіть атмосферним повітрям, є

відносно енергомістким процесом, тому що для отримання 1т сухого сіна із трави, яка має вологість 35...40%, необхідно витратити майже 120 кВт/год електроенергії. Крім того, через високу вологість атмосферного повітря добова тривалість ефективного вентилявання, в більшості випадків, не перевищує 5...8 год. Збільшення тривалості вентилявання шляхом підігрівання повітря електрокалориферами або теплогенераторами призводить до збільшення собівартості кінцевого продукту.

В останні роки, з метою зниження затрат енергії на підігрівання повітря, розроблено ряд пристроїв, які перетворюють сонячну енергію в теплову. Це дозволяє суттєво збільшити продуктивність сушильного обладнання без додаткових затрат енергії. Але через низьку надійність і довговічність ці пристрої ще не знайшли широкого розповсюдження. Дана технологічна схема заготівлі сіна у розсипному вигляді представлена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Технологічна схема заготівлі розсипного сіна

*Технологія заготівлі пресованого сіна.* Існує декілька технологій заготівлі пресованого сіна, які передбачають пресування його в тюки або рулони. Кожна із технологій включає скошування трави і рівномірне її висушування. Для нього застосовують ворушіння прокосів або перевертання валків. Найбільш розповсюдженими є технології, які передбачають висушування трави в валках до вологості 20...22 або 25...30%. В першому випадку траву з валків підбирають і пресують в тюки або рулони, які укладають на зберігання. В другому випадку траву пресують в тюки, щільність яких не перевищує 140 кг/м<sup>3</sup>, і залишають в полі протягом 2...3 днів для досушування.

Технологічна схема описаної вище технології представлена на рис. 1.2.

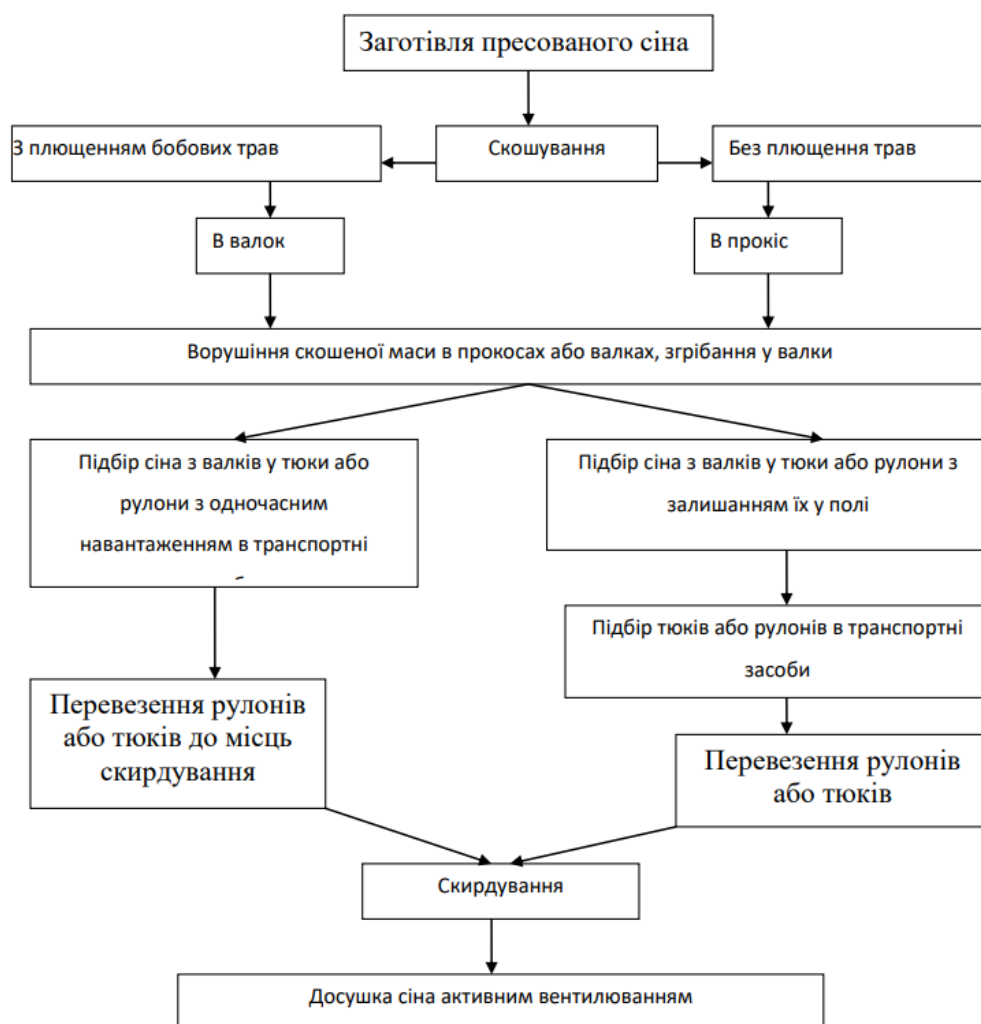


Рисунок 1.2 – Технологічна схема заготівлі пресованого сіна

Практикування цих технологій не дає добрих результатів тому що вони мають ті ж недоліки, що і технології заготівлі розсипного сіна. При досушуванні тюкованого сіна активним вентиляванням траву з валків підбирають при вологості 30...35% і пресують в звичайні або укорочені тюки.

Недоліком досушування пресованого сіна є те, що вентилюється, в основному, зовнішня поверхня тюків. Рух повітря в середині тюка незначний. Через це при досушуванні тюкованого сіна спостерігаються випадки появи цвілі в середині тюків. Важко також визначити строк закінчення вентилявання штабеля і готовність його для довготривалого зберігання.

Останнім часом розповсюдження одержала заготівля сіна в рулонах. Переваги цієї технології перед заготівлею сіна в тюках включається в більш повній механізації заготівлі, зниженні затрат праці і собівартості. Рулонні преси простіші за конструкцією і менш енергомісткі, ніж поршневі.

Заготівля пресованого сіна підвищеної вологості - відносно нове направлення в кормовиробництві. Суть цього способу заготівлі заключається в тому, що для пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, які знаходяться в рослинній масі, вносять хімічні препарати (консерванти). Технологія заготівлі сіна у подрібненому вигляді представлена на рис. 1.3.

*Технологія заготівлі сінажу.* У загальному вигляді процес заготівлі сінажу включає такі операції: скошування, пров'ялювання, підбір та подрібнення трави, укладання маси в сховища та їх герметизація. При сприятливих погодних умовах скошування трав здійснюють валковими косарками-плющилками. При нестійкій погоді більш швидше пров'ялювання трави досягається в прокосах. Після скошування з розстиланням трав'яну масу пров'ялюють в полі до вологості 60% протягом 1...2 діб. Для прискорення процесу пров'ялювання застосовують активне ворущіння. Пров'ялювати трави при заготівлі сінажу нижче 45% вологості небажано, особливо це відноситься до бобових трав і їх сумішок.

Недотримання цієї вимоги призводить до збільшення втрат при пров'ялюванні, подовження строків знаходження трав в полі і підвищення

механічних втрат. Технологічну схему представлено на рисунку 1.4.

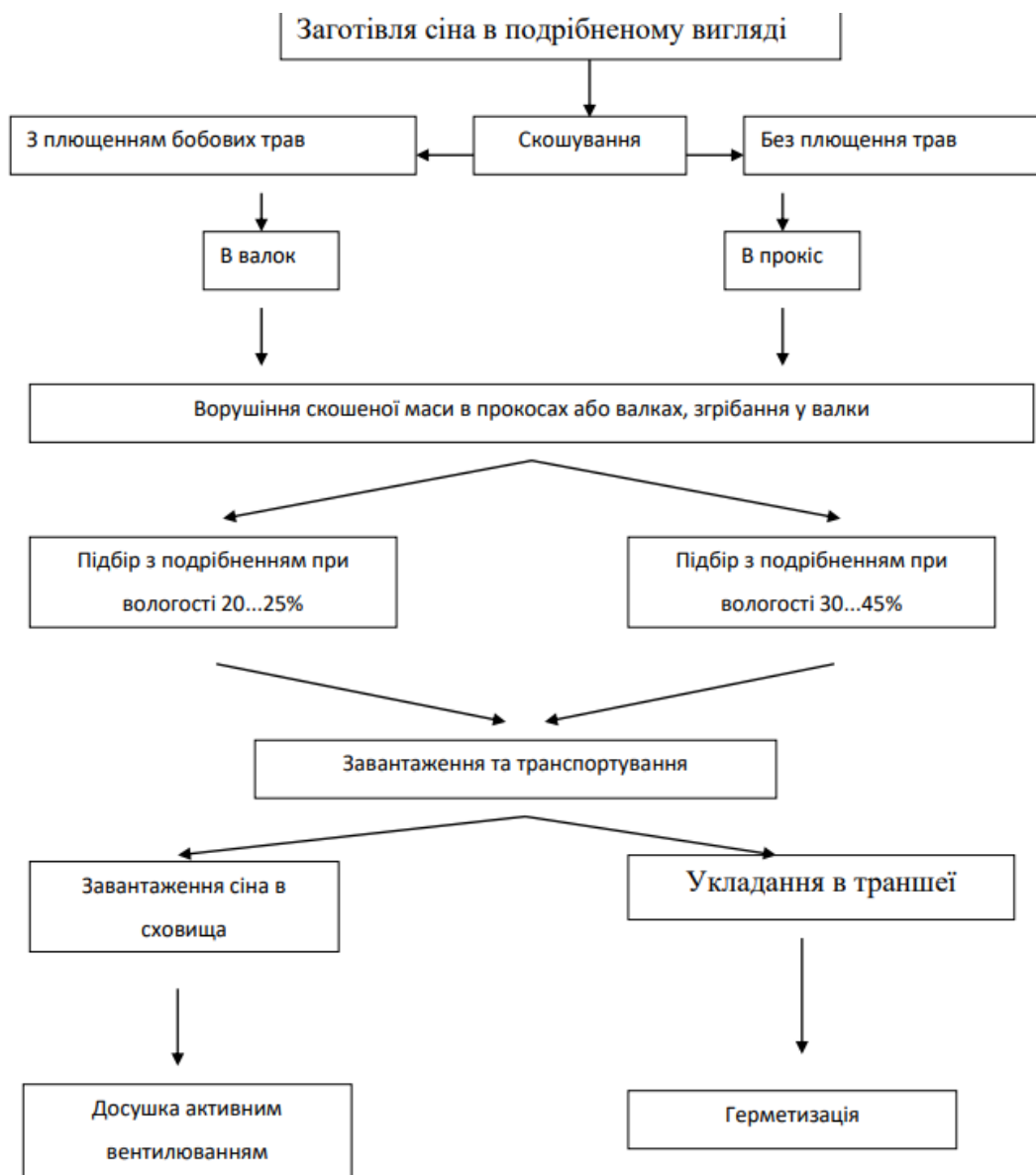


Рисунок 1.3 – Технологічна схема заготівлі сіна у подрібненому виді

Отже, із проведеного аналізу видно, що яка б не була різниця між технологіями заготівлі сіна та сінажу невід’ємним етапом будь-якої технології є сушіння скошених трав в польових умовах. Особливістю цього процесу є не тільки втрата скошеними рослинами вологи, але і поживних речовин.

Таким чином, в процесі голодного обміну спостерігається не тільки втрата води, але і сухої речовини, яка включає найбільш цінні легкоперетравні компоненти. При цьому розміри втрат залежать від тривалості цього періоду.

Голодний обмін у скошених рослин триває доти, поки в результаті водного дефіциту не настануть незворотні процеси, пов'язані з відмиранням клітин. Цей процес називають автолізом. Характерним для нього є подальший розпад поживних речовин під дією ферментів.



Рисунок 1.4 – Технологічна схема заготівлі сінажу

## 1.2 Біологічні особливості польового сушіння трав

Сушіння трави в полі пов'язане також із механічними втратами, які виникають в результаті обробітку рослинної маси. Основну масу механічних втрат складають ніжні частини рослин: листя, суцвіття та інші дрібні вегетативні частини, які легко оббиваються і безповоротно втрачаються. Пов'язане це з нерівномірністю сушіння складових частин рослин. Листки, значно інтенсивніше віддають вологу, ніж стебла.



Так М. Негримовський зазначає, що під час підбирання прив'язаної люцерни при загальній вологості трави 35...37% вологість листків становила 15%, а стебел 59%. А. Сухорубов стверджує, що у бобових трав, коли листки уже сухі, тобто містять від 15% до 20% вологи, вологість стебел становить 35...40%. Отже, листки у трав раніше, ніж стебла, досягають такої вологості, при якій вони б в результаті механічної дії оббиваються. Це призводить до безповоротної втрати частини урожаю.

За даними багатьох авторів механічні втрати перевищують біологічні і в залежності від погоди та виду трави можуть досягти 6...27 % маси вихідної сухої речовини. Ці втрати не тільки зменшують збір сіна, але й суттєво впливають на його кормову цінність. Тому що вміст поживних речовин в листках і стеблах трав є неоднаковим. Наприклад, листки конюшини лучної містять в 2...3 рази більше протеїну, білків і мінеральних речовин, ніж стебла.

Отже, польове сушіння скошених трав супроводжується втратами поживних речовин за рахунок біохімічних процесів, розвитку мікроорганізмів, вимивання опадами та механічних втрат. Причому розміри усіх втрат зростають із збільшенням тривалості сушіння. Знизити їх можливо шляхом інтенсифікації цього процесу. Прискорення сушіння трав при заготівлі сіна та сінажу інколи намагаються досягти дією на рослини хімічних речовин, які здатні припиняти життєдіяльність клітин рослин. Були спроби застосування ряду речовин, які використовуються в якості гербіцидів, десикантів та дефоліантів. Встановлено, що найбільш ефективними препаратами є мурашина кислота, реглон і вуглекислий калій. Наприклад, внесення в траву вуглекислого калію дозволяє на 1...2 дні скоротити тривалість заготівлі сіна в порівнянні з традиційним способом. Недоліком обробки трав хімічними речовинами є те, що вони не мають властивостей селективної дії. Їх дія сильніше проявляється на листках, які і без обробки висихають значно швидше стебел. Тому застосування їх призводить до збільшення механічних втрат. Деякі з них чинять токсичну дію на тварин або зменшують наступну продуктивність сінокосів.

Внаслідок зазначених причин застосування хімічних препаратів не знайшло широкого розповсюдження в практиці прискорення сушіння трав.

Відомі термічні способи інтенсифікації сушіння трав. Обробіток трав відкритим вогнем, парою, гарячими газами, як на корені, так і під час їх скошування або після нього, призводить до коагуляції білків клітин і втрати ними гідрофільності. В результаті трава швидко втрачає вологу і її можливо використати для заготівлі сіна або сінажу. Однак такий спосіб прискорення сушіння є досить енергомістким, тому що потребує до 50 кг нафтопродуктів на тонну сухої трави.

До електричних способів прискорення сушіння трав відноситься обробіток трав електричними розрядами або струмами високої частоти. Сутність електричних способів обробітку заключається в тому, що струми розряду або високої частоти зменшують опір клітин рослин віддачі вологи. Ці способи мають селективну дію, уражаючи стебла в більшій мірі, ніж листки, в результаті чого вирівнюється нерівномірність сушіння рослин. Однак, самі автори вказують, що ці способи є досить енергомісткими і економічно не вигідними.

Висушування трави в звичайних умовах є дуже важкий біологічний процес, в результаті якого відбуваються втрати поживних речовин, які можуть досягати 50%, внаслідок довгого перебування її в полі. При сушінні трави стебла висихають значно повільніше, ніж листки. Це сповільнює процес заготівлі. Тому, прискоривши віддачу вологи стеблами, можливо значно скоротити тривалість сушіння, а внаслідок цього і втрати поживних речовин. Досягти вказаного можливо шляхом зниження вологовтримуючої сили рослин, або тих частин, які особливо повільно віддають вологу. Це пониження можна досягти за рахунок механічного порушення зв'язку вологи з рослиною і збільшенням площі випаровування, а саме –плющенням або розщепленням стебел рослин. За даними ряду авторів плющення не тільки в 1,5...3,0 рази прискорює сушіння всієї рослини, але й наближає швидкість сушіння стебел до швидкості сушіння листків. Цей спосіб прискорення сушіння є ефективним

при сприятливих погодних умовах. При випаданні дощу, а також в умовах вологого клімату, проведення плющення пов'язане з ризиком через те, що рослини розплющеними стеблами, попавши під дощ, втрачають значно більше поживних речовин, ніж з не розплющеними.

Плющення також здійснює суттєвий вплив на збереження поживних речовин у готовому сні. Так, наприклад, при сушінні плющеної люцерни або конюшини в сні зберігається до 70...75% каротина, тоді як при звичайній сушці – тільки 25...30% .

Ефективним заходом, який забезпечує більш інтенсивну вологовіддачу рослинами, ніж вище представлені механічні способи, є поздовжнє розщеплення стебел. Такий обробіток рослин дозволяє покращити теплообмін за рахунок збільшення площі випаровування, а це значно прискорює процес сушіння. Результати дослідів свідчать, що рослини з розщепленими стеблами, зокрема овес, в 1,6 рази інтенсивніше віддають вологу, ніж плющені.

Необхідно відзначити, що використання поздовжнього розщеплення стебел для інтенсифікації сушіння трав не знайшло поки що розповсюдження і залишається на стадії дослідження.

Основною проблемою в заготівлі сіна є втрати листків, відбуваються вони при обробітку прив'яленої трави граблями-ворушилками і в меншій мірі під час проведення послідовних операцій. Навіть при найбільш сприятливих умовах втрати листків мажуть досягти 15% від маси трави.

Ряд авторів стверджують, що при згрібанні або ворущінні сухих рослин кількість оббитих листків у бобових трав може досягнути 50% від їх маси. Якщо врахувати, що облистяність (маса листків і суцвіть), наприклад, у конюшини складає біля 50% від загальної маси рослин, то можна побачити, що механічні втрати тільки від одноразового проведення цих операцій мажуть скласти до 25% урожаю сухої речовини.

Отже, при застосуванні цих операцій спостерігається значні втрати поживних речовин через оббивання найбільш цінних в кормовому відношенні частин рослин – листків і суцвіть.

При заготівлі сіна та сінажу інколи, з метою прискорення сушіння трав, використовують комбіновані способи обробітку. Так, відомий спосіб обробітку трав електричними розрядами з наступним плющенням. Інколи плющать траву гарячими вальцями.

Зазначені комбіновані способи не знайшли широкого розповсюдження, тому що вони більш придатні для обробітку трав на стаціонарі, ніж в польових умовах.

В практиці заготівлі сіна і сінажу широко використовують комбінації механічних способів. Так, ефективним заходом прискорення сушіння трав є поєднання плющення трав із наступним ворущінням. Особливо ефективним цей захід є при заготівлі сіна або сінажу із бобових трав. Причому без проведення цієї операції не можливо одержати якісне сіно. Пов'язано це з тим, що тільки при цій умові досягається рівномірне просихання верхніх та нижніх шарів валка.

Отже, розміри механічних втрат при заготівлі трави (скошування, плющення) залежать від своєчасності виконання цих операцій, фази розвитку рослин, виду трави і погодних умов. Але значно більший вплив на них чинить принцип виконання технологічного процесу і конструктивні особливості існуючих сіно – заготівельних машин та комплексів. Тому проаналізуємо технічні засоби для виконання цих операцій.

### **1.3 Аналіз технічних засобів прискорення сушіння скошених трав шляхом їх плющення**

Найпершою операцією усіх технологій заготівлі сіна є скошування трав, яке можна здійснювати як самостійно так із плющенням. Однак останню операцію можна проводити тільки в хорошу погоду. Так у випадку попадання плющеної рослинної маси під опади, вона швидше намокає і довше сохне, що призводить до втрат поживних речовин.

В залежності від цього машини для скошування трав розділяють на дві

групи:

- косарки, які зрізають рослини і залишають масу в прокосі;
- косарки–плющилки, які здійснюють одночасно зріз рослин, їх плющення та складання обробленої маси у валок.

По виду використання джерела енергії косарки першої групи розділяють на кінні, тракторні та самохідні.

По способу агрегування з трактором косарки поділяють на навісні, напівнавісні та причіпні. В залежності від числа ріжучих апаратів можуть бути одно – і багатоярусними.

По розміщенню ріжучого апарата відносно трактора однобрусні навісні косарки поділяють на фронтальні, середньо – і задньонавісні.

До косарок пред'являють ряд вимог, які обумовлені економікою сільського господарства, а саме їх експлуатацією та біологією рослин. Одним із основних показників є висота зрізу, яка суттєво впливає на кількість і якість сіна. З однієї сторони при низькому скошуванні збирається більш повний збір урожаю та підвищується його кормова цінність, а з іншої сторони при значних нерівностях це може призвести до забруднення скошеної рослинної маси. В залежності від кліматичної зони низький зріз призводить до вимерзання кореневої системи, а це в свою чергу віддається на нормальному відновленню багаторічних трав. Тому рекомендована оптимальна висота зрізу становить 4 – 5 см.

Другим важливим показником є – якість проведення процесу, на яку найбільший вплив здійснює навантаження. Збільшення навантаження на опори ріжучого апарата зминає стерню і зменшує пористість поверхні ґрунту, пригнічуючи при цьому кореневу систему рослин. При зменшенні навантаження відбувається піднімання ріжучого апарата, що в свою чергу зумовлює збільшення висоти зрізу рослин. Цей наслідок призводить до зменшення валового збору сіна. Тому косарки обладнують механізмами регулювання навантаження апарата на ґрунт, в залежності від ґрунтового покриття та кліматичної зони. Отже, скошування рослин має бути чистим, без

виривання із землі та розриву стеблової частини рослин.

Основними частинами, якими обладнують косарки являються ріжучий апарат, привід, рама та механізм піднімання.

Розглянемо ріжучі апарати, які представлені на рис. 1.5.

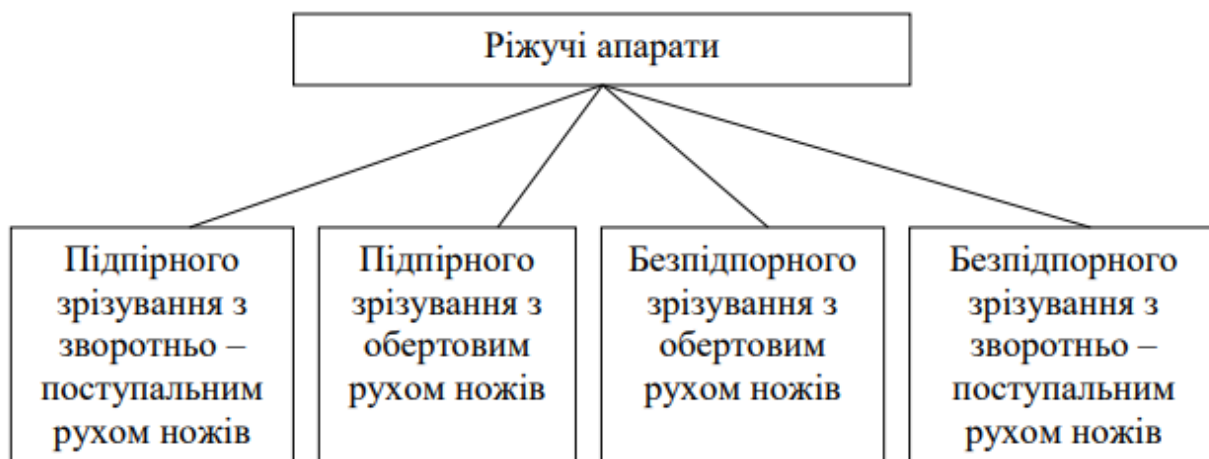


Рисунок 1.5 – Класифікація ріжучих апаратів

По принципу зрізування рослин можна розділити на: підпiрне і безпідпiрне. По характеру руху ріжучих елементів бувають із зворотньо-поступальним рухом ножа та обертотвим. Перший тип поділяють на апарати із нерухомими пальцями, рухомими та двох ножеві.

При використанні косарки із нерухомими пальцями, які розділяють траву на вузькі полозки, скошування здійснюється за допомогою протирізальної пластинки та сегмента. В момент зрізу стебла спираються одночасно об протирізальну пластинку і перо пальця, що не дає йому згинатися, а дає високу якість зрізування тонкостебельних рослин, які мають малу жорсткість. Для якісного зрізу необхідна швидкість не менше 2,15 м/с: при меншій швидкості відбувається сплюскування та розрив стебел, що потребує більших зусиль; при збільшенні - зростають знакозмінні інерційні навантаження, що призводять до нестійкого режиму роботи.

Ріжучі апарати з рухомими пальцями та ножем був розроблений італійською фірмою Грибальді. Він складається із двох рухомих частин:

ножа і полоси з пальцями; пальці штаповані із листа. Хід ножа і пальців обернено – пропорційний їх масам, що забезпечує врівноваження. До основних недоліків слід віднести значні знакозмінні навантаження, важкість підтримання постійного зазору в ріжучих парах та значний опір тертя в них.

Ріжучі апарати безпідпорного зрізу з обертовим типом руху розділяють на апарати із обертанням ріжучих елементів навколо горизонтальної (роторні) та вертикальної осі (ротаційні).

Роторні косарки представляють собою горизонтальний вал з шарнірно-підвішеними ножами Г-видної форми. Зверху апарат закритий кожухом. Апарати такого типу значно подрібнюють рослину масу, а тому знайшли застосування у косарках-подрібнювачах і газонокосарках.

Ротаційні ріжучі апарати поділяють на два типи:

- перший тип має ротори, які прикріплені до вертикальних консольних валів. Привід здійснюється зверху, внаслідок чого несуча рама розміщена зверху, під якою відбувається скошування рослин.
- до другого типу відносять ротори з нижнім приводом, скошування трави в яких здійснюється над несучою рамою. В цих апаратах ротори з ножами змонтовані зверху плоскої коробчатої форми, в середині якої розміщено привід роторів.

При нижньому приводі трава формується в прокіс, а верхньому - валок. При їх порівнянні виявлено ряд переваг нижнього приводу над верхнім, а саме:

- менша матеріалоємність на 1 м захвату;
- рівномірне розподілення скошеної маси в пухкому, добре продуваемому прокосі;
- менше оббивання листів та суцвіть.

Тому косарки із нижнім приводом набули ширшого примінення.

Фірма Звегерс (Нідерланди) спроектувала комбінований привід. Така комбінація привода дала можливість створити жорстку конструкцію рами і підвищила надійність роботи машини в цілому.

Отже, косарки сигментно-пальцевого типу мають більш простішу

конструкцію, низькі затрати на привід ріжучого апарата, але в них виникають знакозмінні інерційні навантаження, які здійснюють обмеження у збільшенні швидкості різання, відповідно і продуктивність. Ротаційні косарки мають меншу ширину захвату, але можуть працювати в більш важких умовах в порівнянні з косарками сигментно-пальцевого типу, а саме при збиранні полеглої і перепутаної маси з високою врожайністю.

Також відомий ряд апаратів, які не знайшли примінення в сінозбиральних машинах, а саме: ріжучі апарати підпірного зрізу з обертотвим рухом робочих органів, а також з поступальним рухом ножів. Перший ряд апаратів має недолік, до якого відносять неможливість скошування трав'яної маси висота якого перевищує радіус барабана так як трава відхиляється перед ним. Тому такі апарати застосовуються тільки в газонкосарках. В другому ряді апаратів ножі кріпляться жорстко на замкнутому ланцюговому або ремінному контурі. Данні апарати в конструктивному відношенні є дуже важкі та ненадійні, тому що ланцюг (ремінь) швидко зношується і розтягується.

В результаті проведеного вище аналізу розроблена класифікація машин для скошування, яка представлена на рисунку 1.6.

На сьогоднішній час використовують два типи косарок-плющилок: тракторні та самохідні.

Тракторні представляють собою машину, яка складається із рами з сницею, опори з ходовими колесами, ріжучого апарату (сегментно – пальцевого типу або ротаційного), мотовила, в залежності від типу ріжучого апарату, плющильного апарату, трансмісії та механізму регулювання ступеня розплющування стебел.

Робочий процес, таких машин проходить таким чином. Під час руху машини трава нахиляється мотовилом, при наявності такого, і підводиться до ріжучого апарату. Після чого трава зрізається і подається до плющильного апарату та укладається на стерню.

Самохідні косарки-плющилки представляють собою машину, на якій змонтовано жниварку та плющильний апарат.



Процес плющення в цих машинах протікає таким чином: під час руху заломлюючий брус нахиляє стебла і мотовило підводить до ріжучого апарату сегментно - пальцевого типу. Зрізанні рослини попадають на шнек, який звужує рослинну масу та подає її до плющильного апарату (здебільшого вальцевого типу). Вальці плющильного апарату, в залежності від типу робочого органу, надломлюють або розплющують рослину масу, укладаючи її на стерню у валок або прокіс.

Косарки-плющилки перших конструкцій були обладнані тільки вальцевими плющильними апаратами (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Технологічна схема вальцевого плющильного апарату

При обробі товстого шару матеріалу якість технологічного процесу різко зменшується. Цей недолік зменшується при використанні плющильних апаратів динамічної дії – кондиціонерів, які набули широкого попиту за рахунок більшої продуктивності та кращої впусеності валка. Але використовувати їх доцільніше для злакових трав, тому що при кондиціюванні бобових значно зростають втрати листя і суцвіть. На сьогоднішній день відомі конструкції косарок-плющилок із різним геометричним положенням (вертикальний та горизонтальний) плющильного апарату, як у вальцевих так і кондиціонерів. Досліджуються конструкції косарок-плющилок із вертикальним розміщенням вальців, які підвищують якість технологічного процесу, за рахунок плющення верхньої частини стебла. Такий обробіток призводить до поділу трав'яної маси на порції та зменшенню втрат у вигляді виділеного соку та відірваних частин.

Вальцевий тип плющильного апарату через значну масу, ставлять на причіпних та самохідних косарках-плющилках з шириною захвата 3 – 5 м. Довжина вальців не повинна перевищувати 2 м. При збільшенні ширини захвата косарки-плющилки обладнують шнеком, який звужує подачу скошеної маси до плющильного апарату. По відношенні до матеріалу поверхні вальців бувають металеві та обгумовані. В залежності від виду трав'яної маси, яку необхідно обробити, застосовують слідуючі комбінації вальців: метал – метал, метал – гума, гума – гума. Для створення більш м'якого режиму роботи й зменшення втрат листя і суцвіть деякі фірми, наприклад, John Deere, Krone застосовують обгумовані вальці.

Внаслідок різноманітної геометричної форми існують гладкі і рифлені, з прямими і гвинтовидними пазами та шевронні вальці (рис. 1.7). Глибина пазів і кут їх нахилу також різноманітний. Застосовують також різні типи верхнього і нижнього вальців. Відомі машини, у яких нижній валець шевронний, а верхній - гладкий, або гвинтові пази розміщені під різним кутом. За даними досліджень ВІСХОМа, які проводилися на п'яти видах пар вальців різного типу на однаковому агрофоні та однакових режимних параметрах, показали, що профіль поперечного перерізу вальців більш суттєво впливає на якість процесу ніж їх матеріал. Однаковому профілю ефективність сталевих вальців вище ніж прогумованих. Швидкість обертання вальців становить в середньому 800 об/хв.

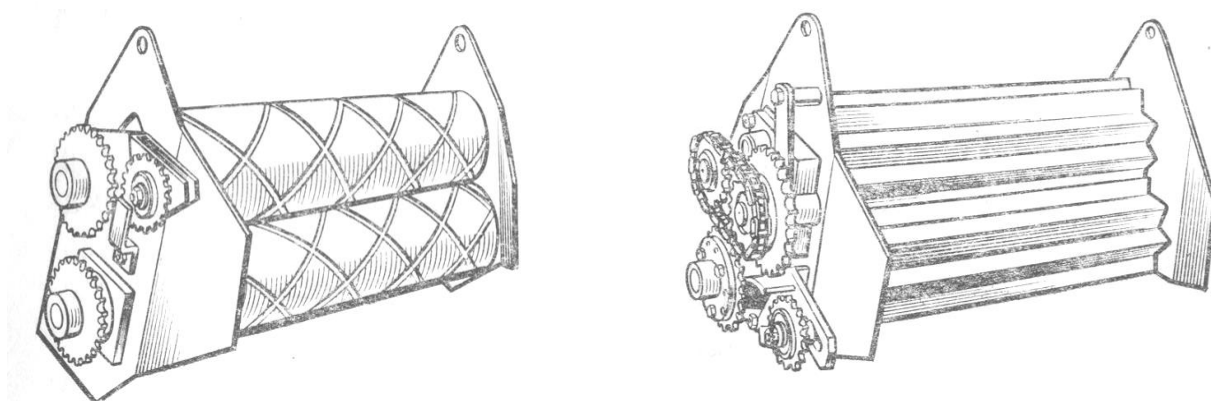


Рисунок 1.7 – Плющильні вальці косарок-плющилок

Представимо короткі технічні характеристики деяких видів причіпних косарок-плющилок у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики причіпних косарок-плющилок

| №  | Модель    | Ширина захвату, м | Тип ріжучого апарата | Маса, кг |
|----|-----------|-------------------|----------------------|----------|
| 1  | 2         | 3                 | 4                    | 5        |
| 2  | ПТП - 2   | 1.95              | -                    | 620      |
| 3  | КПВ - 3   | 3.0               | Сигментно-пальцевий  | -        |
| 4  | 1110      | 2.20              | Сигментно-пальцевий  | 1424     |
| 5  | 1130      | 2.80              | Сигментно-пальцевий  | 1624     |
| 6  | 1150      | 3.70              | Сигментно-пальцевий  | 2041     |
| 7  | 1160      | 3.70              | Сигментно-пальцевий  | 2468     |
| 8  | 1170      | 4.90              | Сигментно-пальцевий  | 2930     |
| 9  | КПП –4.2  | 4.2               | Сигментно-пальцевий  | -        |
| 10 | ССС -210  | 2.0               | Ротаційний           | 1060     |
| 11 | ОМ - 240  | 2.40              | Ротаційний           | 1060     |
| 12 | КМ - 165  | 1.65              | Ротаційний           | 1650     |
| 13 | КМ - 240  | 2.40              | Ротаційний           | 1030     |
| 14 | ПН - 530  | 3.60              | Ротаційний           | 2060     |
| 15 | ПН - 535  | 3.60              | Ротаційний           | 2040+65  |
| 16 | 1360      | 4.60              | Ротаційний           | 2928     |
| 17 | КПРН -3.0 | 3.0               | Ротаційний           | 1550     |

Розглянемо короткі технічні характеристики самохідні косарок-плющилок, які наведенні в таблиці 1.2

Таблиця 1.2. Технічні характеристики самохіднихних косарок-плющилок.

| Країна    | Модель    | Потужність двигуна, <i>кВт</i> | Ширина захвату, <i>м</i> | Робоча швидкість, <i>км/год</i> | Маса, <i>кг</i> |
|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| -         | КПС-5.0 Г | 58                             | 5                        | До 10                           | 6750            |
| Німеччина | Е - 301   | 40.5                           | 4.2                      | До 8.6                          | 5230            |
|           | 900       | 51,5                           | 3,81                     | 11,2                            | 3301            |
|           |           |                                | 4,42                     |                                 | 3392            |
|           |           |                                | 5,03                     |                                 | 3483            |
| США       | 375       | 51.5                           | 3.0                      | 11.2                            | 2253            |
|           |           |                                | 3.6                      |                                 | 3280            |
|           | 800       | 40.5                           | 3.05                     | 12.9                            | 2253            |
|           |           |                                | 3.66                     |                                 | 2298            |
|           | 2250      | 48                             | 3.66                     | 11.2                            | 3266            |
|           |           |                                | 4.27                     |                                 | 3311            |
|           |           |                                | 4.88                     |                                 | 3493            |
|           | 2280      | 51.5                           | 3.66                     | 11.2                            | 3821            |
|           |           |                                | 4.27                     |                                 | 3903            |
|           |           |                                | 4.88                     |                                 | 3985            |
|           | 520       | 42                             | 3.05                     | 11.2                            | 2250            |
|           |           |                                | 3.66                     |                                 | 2340            |

|  |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|
|  |      |      | 4.27 |      | 2431 |
|  |      |      | 3.05 |      | 2836 |
|  | 620  | 48   | 3.66 | 11.2 | 2938 |
|  |      |      | 4.27 |      | 3039 |
|  |      |      | 4.88 |      | 3141 |
|  |      |      | 3.6  |      | 3300 |
|  | 6660 | 51.5 | 4.27 | 11.7 | -    |
|  |      |      | 4.88 |      | -    |

Технологічні схеми деяких косарок-плющилок наведенні на рисунку 1.8 та 1.9.

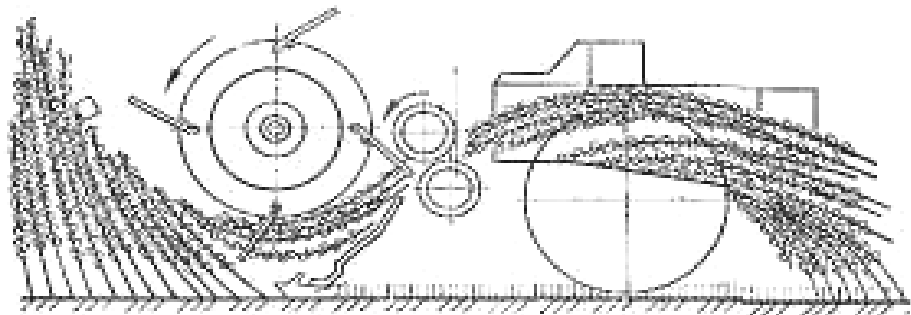


Рисунок 1.8 – Схема роботи косарки-плющилки КПВ-3,0

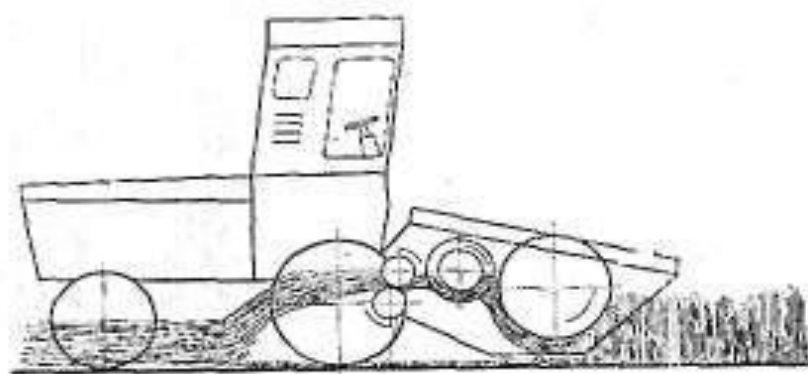


Рисунок 1.9 – Схема роботи самохідної косарки-плющилки КПС-5Г

За своїм конструктивним виконанням, представленні косарки-плющилки, мають однотипний механізм плющення – плющильні вальці, розміщені одні над одними. Верхній валець рухомий (за рахунок установки підшипників у напрямних) і за допомогою амортизаційних пружин, які прижимають його до нижнього. Різниця лиш у матеріалі поверхні та геометричній формі. Ступінь розплющування регулюють за допомогою зусилля натиску пружин, що в свою чергу відіграє вирішальну при обробітку рослинної маси.

Плющильний апарат повинен забезпечувати надійний захват шару матеріалу певної висоти і якісне його прокатування між вальцями без пробуксовування. В процесі плющення трави відбувається виділення соку, який зволожує поверхню вальців і значно знижує зусилля тертя, що призводить до пробуксовування. Із збільшенням навантаження плющильних вальців збільшуються втрати у вигляді відірваних частин (листя, суцвіття), але різко зменшується число не плющених стебел та усувається пробуксовування.

В останні роки широкого попиту набули кондиціонери, які представлені на рис 1.10, які застосовуються у ротаційних косарках. Дані апарати випускають трьох типів: барабанний з шарнірно закріпленими пластинчастими металічними пальцями; барабанний з жорстко закріпленими металічними пальцями та щіткові. Число обертів даного типу плющильного апарату становить в середньому 1000 об/хв.



Рисунок 1.10 – Плющильні апарати динамічної дії

Незалежно від кріплення кондиціонери обладнують V-подібними, у

вигляді пластини та круглого профілю робочими органами (билами). Найбільш поширена форма бил у кондиціонерах – V-подібна. З метою зменшення маси, зустрічаються конструкції, які обладнують робочими органами із полімерів (пластик, нейлон).

В загальному конструкція представляє собою барабан (вал), який обертається горизонтально з підвішеними на ньому робочими органами, за допомогою яких здійснюється знімання скошеної маси з ріжучого апарата та протягування по циліндричному направляючому кожусі.

Внутрішня робоча поверхня кожуха може бути гладкою або ребристою, яка виконує функцію гальмування. Дана дія відбувається за рахунок гальмівних елементів: пластин, щіток та дефлектора. Здійснення технологічного процесу відбувається внаслідок часткового перебивання стебел та протягування через зазор, який створюється між внутрішньою поверхнею направляючого кожуха та крайніми точками бил. Під час протягування скошена маса впусується. Завдяки цьому утворюється пористий валок або прокіс, який добре продувається природними повітряними масами. Довжина кондиціонера дорівнює ширині захвата машини. В основному найпоширенішими є конструкції з горизонтальним розміщенням осі вала, але відома модель вертикальної косарки – кондиціонера 484 фірми New Holland (США). Косарка – плющилка 1320 фірми John Deere, яка представлена на рис. 1.11.

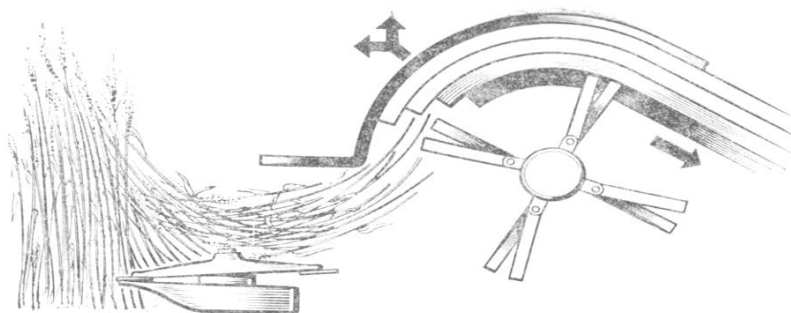


Рисунок 1.11 – Плющильний апарат фірми John Deere

Скошування здійснюється шести роторним апаратом. Обробіток трав'яної маси, а саме злакових трав здійснюється за допомогою бил. Частота обертання вала разом із билами залежить від маси, яка підлягає обробітку і коливається в межах від 610 до 850 об/хв. Ширина захвату становить 2,4 м.

Ротаційна косарка – плющилка моделі 1180 фірми Хестон, яка представлена на рисунку 1.12, складається із ріжучого апарата з верхнім приводом і кондиціонера.

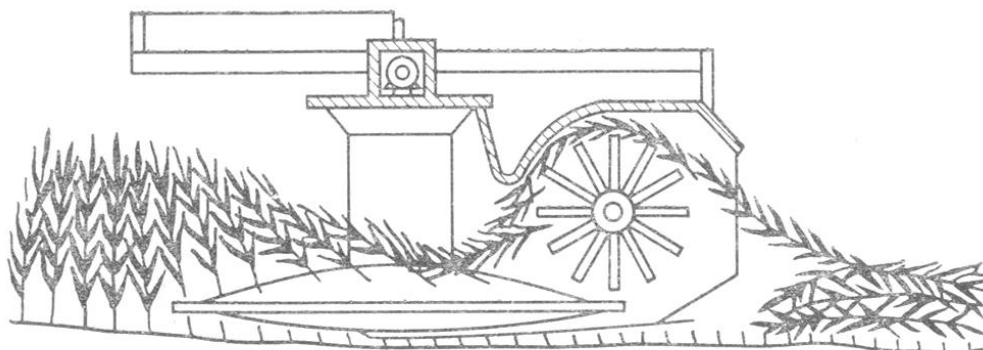


Рисунок 1.12 – Плющильний апарат фірми Хестон

Фірма Вікон випускає плющилку моделі OM 165, яка представлена на рис. 1.13, має вал, на якому шарнірно підвішені два ряди полімерних бил. Над билами встановлено кожух з привареними поперечними кутниками.

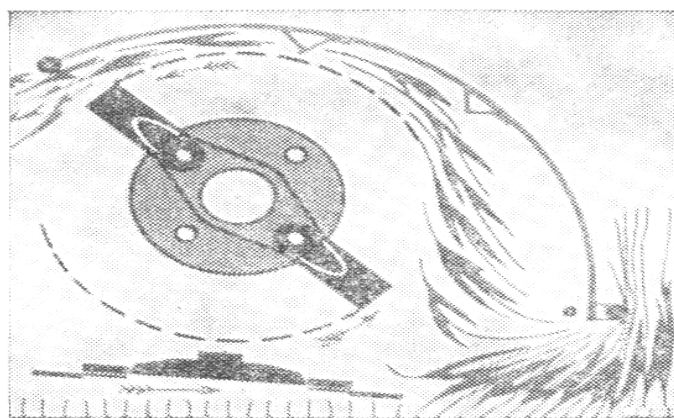


Рисунок 1.13 – Активний плющильний апарат фірми Вікон

При проведенні літературного огляду існуючих косарок-плющилок розроблена класифікаційна схема, яка представлена на рис. 1.14. В порівнянні із вальцевими плющильними апаратами, що застосовується здебільшого на самохідних косарках-плющилка, активні кондиціонери є більш досконаліми.



Вони здійснюють руйнування оболонки стебла скидаючи їх у покiс чи валок, який є бiльш спушений в порiвняннi з покосом сплющеної трави пасивними апаратами. В технологiчному планi бiльш надiйнiшi i менш чутливу до нерiвномiрної подачi скошеної маси, але мають велику здатнiсть до забруднення рослинної маси. В загальному при порiвняннi двох видiв плющильних апаратiв швидкiсть сушіння вiдбувається рiвноцiнно, але активнi плющильнi апарати доцiльнiше застосовувати на злакових, так як при обробiтку бобових трав вжорсткому режимi здiйснюється бiльша втрата листя i суцвiть нiж при обробiтку пасивними плющильними апаратами. Iз наведеного огляду конструкцiй i аналізу технiко-економiчних характеристик можна зробити висновок, що в залежностi вiд кормової культури є ефективним той чи iнший тип плющильних апаратiв. Наприклад, для бобових бiльш ефективними є косарки-плющилки з вальцевими плющильними апаратами. Однак застосування їх для iнтенсифiкацiї сушіння трав призводить до неякiсного механiчного обробiтку, а отже i механiчних втрат. Тому вдосконаленню їх роботи спрямоване на усунення цих недолiкiв i сактуальним завданням.

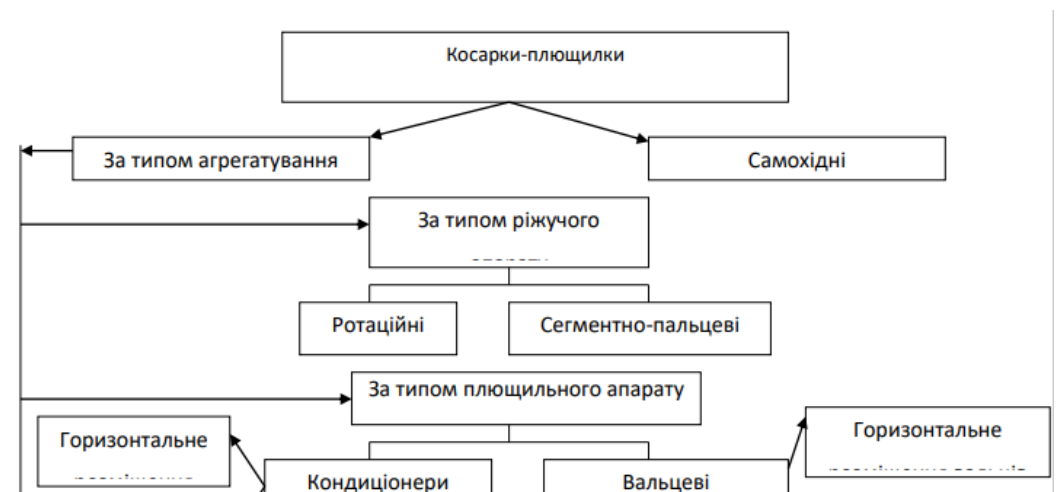


Рисунок 1.14 – Класифікація косарок-плющилок та їх робочих органів

Питанню дослідження процесів плющення косарками-плющилками присвячено багато робіт. В цих роботах розглянуто конструкції машин для виконання вище зазначеної операції, обґрунтовані параметри робочих органів.

Зроблено кінематичний та динамічний аналіз плющильних апаратів. Розроблені методи проектування і розрахунків цих машин.

На якість плющення та динаміку вологовіддачі значно впливають такі параметри: ступінь стиску, матеріал та форма поверхні, діаметр та колова швидкість вальців.

Ступінь стиску вальців  $\Delta$  визначають в залежності від урожайності та густини рослини, яка обробляється і в залежності від висоти шару матеріалу, який визначається:

$$h = \frac{\rho \cdot v_c}{\rho_0 \cdot v}$$

де  $v_c$  - швидкість матеріалу, який подається від ріжучого апарату;

$\rho$  - урожайність;

$\rho_0$  - густина матеріалу, який підлягає плющенню;

$v$  - швидкість обертання вальців.

Із залежності ступінь стиску буде знаходитись із формули:

$$\Delta = \frac{\rho_0 \cdot h}{\rho}$$

де  $\rho$  - густина шару рослин в зазорі між вальцями.

Оптимальне лінійне навантаження вальців, тобто ступінь стиску для пари вальців при плющенні більшості культур становить 30 Н на один сантиметр їх довжини. На ефективність плющення великий вплив здійснює матеріал та форма поверхні плющильних вальців. Діаметр та колова швидкість при збільшенні зменшують до певної границі висоту шару матеріалу, в наслідок чого порушується зв'язаність матеріалу, що призводить до відриву окремих порцій. При значно великій швидкості відбувається явище пробуксовування так як сила тертя становить сянедостатньою для захоплення матеріалу.

Отже, якість плющення оцінюється числом втрат які отримують рослини

в процесі плющення.

До них відносять:

- не плющенні стебла;
- частково плющенні;
- відрив мілких частин (листки, суцвіття).

В загальному роботу плющики оцінюють за прискоренням вологовіддачі плющеної трав'яної маси.

Визначення стану питання з теми роботи можна підсумувати наступним висновками.

### **Висновки**

1. Невід'ємним етапом технології заготівлі сіна та сінажу є сушіння скошених трав в польових умовах. Цей процес супроводжується втратами поживних речовин, величина яких пропорційна перебуванню її в полі.

2. Ефективним способом скорочення тривалості польового сушіння є застосування косарок-плющилок. В залежності від кормової культури, яка збирається на сіно, доцільно використовувати косароки-плющилки з динамічної або статичної дії.

3. Зменшити механічні втрати під час плющення можливо шляхом застосування косарок-плющилок, які б здійснювали обробіток тільки тієї частини рослини, в якій знаходиться великий вміст вологи.

4. За допомогою методики визначення оцінки якості проведення операції плющення можна дослідити ефективність проведення данної операції.

Із вище вказаного випливають завдання, які необхідно вирішити для успішного досягнення мети досліджень.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ, ВПЛИВАЮЧИХ НА ПРОЦЕС ПЛЮЩЕННЯ

### 2.1 Визначення впливу параметрів поділу рослинної маси на якість процесу плющення

Важливою складовою частиною досліджуваної косарки-плющилки є гумові стрічки, які розділяють, направляють та затягують скошену рослину масу в робочу щілину плющильного апарата. Вони являють собою просторові грані, які утворюють двогранний кут. Розглянемо докладніше розділ стеблостою рослин на окремі покоси.

Спочатку розглянемо положення стебел після впливу на них гумових стрічок з метою підводу в робочу щілину плющильного апарата. На рис. 2.1 наведено схему поділу і положення крайніх та центральних стебел після його впливу на них.

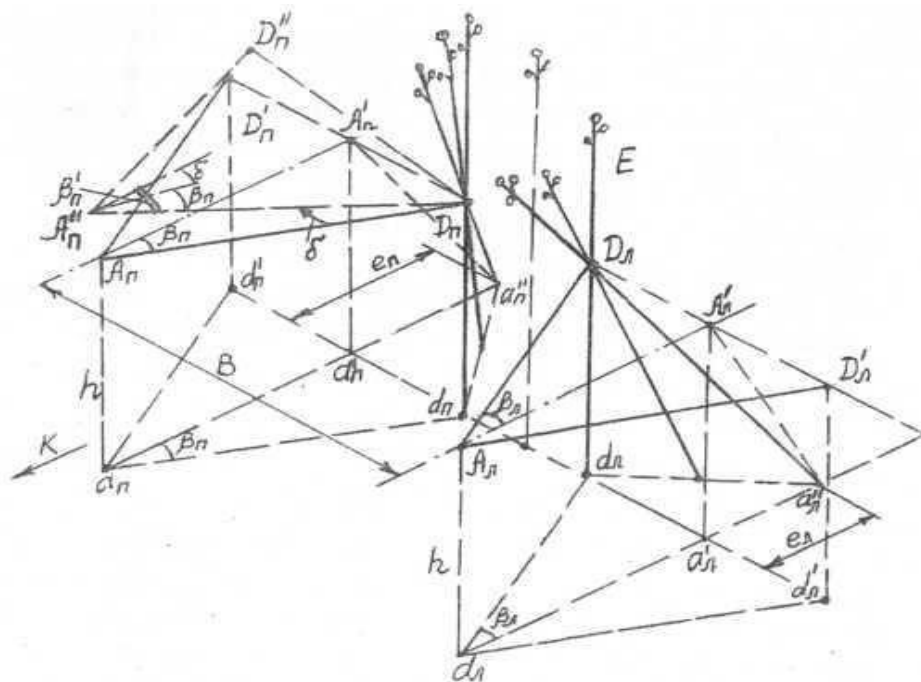


Рисунок 2.1 – Схема розташування стебел, які підведенні гранями плющильної секції в робочу щілину

Крайніми називаються стебла, основи яких знаходяться у поздовжній вертикальній площині, в які рухаються передні кінці гумових стрічок. Ця площина називається ще площиною симетрії поділу.

Центральними називаються стебла, основи яких знаходяться в середині міжкінцями гумової стрічки. Плющильна секція рухається у напрямку стрілки  $K$ . Для полегшення аналітичного дослідження впливу плющильної секції на якість підводу та обробітку стебел розглянемо це явище на прикладі таких, що рухаються в горизонтальній площині, тобто в площині, паралельній поверхні землі. На рисунку 4.1. такими горизонтально розташованими є  $A_{\text{п}}D_{\text{п}}$  правої частини  $A_{\text{л}}D_{\text{л}}$  лівої частини плющильної секції.

Плющильна секція знаходиться приблизно на висоті 40см від поверхні землі. Дана висота вибирається в залежно від середньої висоти культури, наприклад люцерна. Передній край секції позначимо через  $A_{\text{п}}$  і  $A_{\text{л}}$ . Проекціями граней  $A_{\text{п}}D_{\text{п}}$  та  $A_{\text{л}}D_{\text{л}}$  на горизонтальній площині є лінії  $a_{\text{п}}d_{\text{п}}$  і  $a_{\text{л}}d_{\text{л}}$ . Поздовжньою вертикальною площиною правої сторони, що проходить через кінчик  $A_{\text{п}}$ , - площина  $a_{\text{п}}A_{\text{п}}A'_{\text{п}}d'_{\text{п}}$ , а поздовжньою вертикальною площиною лівої сторони, що проходить через кінчик  $A_{\text{л}}$ , - площина  $a_{\text{л}}A_{\text{л}}A'_{\text{л}}a'_{\text{л}}$ . У цих площинах, які є площинами симетрії правої і лівої частини секції рухаються кінчики, в яких знаходяться основи крайніх стебел, які підводяться гумовими стрічками  $A_{\text{п}}D_{\text{п}}$  і  $A_{\text{л}}D_{\text{л}}$ . Закономірність підводу стебел досліджено і розглянуто в роботах.

Внаслідок впливу на стебла гумових стрічок під час їх руху у напрямку стрілки  $K$  (рис. 4.1.), права сторона нахиляє крайнє стебло з основою у деякій точці  $a''_{\text{п}}$  з вертикального в нахилене положення  $a''_{\text{п}}D_{\text{п}}$ . При цьому стебло  $a''_{\text{п}}D_{\text{п}}$  в точці  $D_{\text{п}}$  дотикається до вертикально розташованого стебла  $d_{\text{п}}D_{\text{п}}$ , основа якого знаходиться в точці  $d_{\text{п}}$  на певній відстані від землі. Якщо з'єднати точки  $d_{\text{п}}$  і  $a''_{\text{п}}$ , то отримаємо лінію  $d_{\text{п}}a''_{\text{п}}$ , в ряді точок, якої знаходиться основи стебел, нахилених таким чином, що їхні верхні частини наближаються до точки  $D_{\text{п}}$ . При цьому утворюється елементарний пучок рослин, який у такому вигляді

переходить від бокових граней у робочу щілину плющильного апарата (на схемі місце розташування робочої щілини позначено  $E$ ). Елементарний пучок стебел, утворений під впливом на них граней  $A_n D_n$  та  $A_l D_l$  показано у вигляді пучка з двох стебел  $d_n D_n$ ,  $a''_n d_n$ . Таке зображення зроблене лише для спрощення побудови. У дійсності таких стебел набагато більше, в залежності від густоти стеблостою на полі, яка залежить від врожайності.

Елементарний пучок після скошування ротаційним ріжучим апаратом, як вже зазначалось, у такому вигляді направляється у робочу щілину плющильного апарата, затискається між гумовими стрічками правої і лівої грані та розплющується.

Слід відмітити таке явище як розтягнутість пучка стебел, через те, що довжина  $d_n D_n$  частини стебла, яку стоїть вертикально, менше довжини  $a''_n D_n$  частини нахиленого стебла. Цю різницю довжин  $a''_n D_n - d_n D_n$ , яка називається розтягнутістю пучка стебел, позначимо  $\Delta l_n$ , тоді  $\Delta l_n = a''_n D_n - d_n D_n$

Оскільки кут  $a''_n d_n D_n$  прямий то  $a''_n d_n = \sqrt{(d_n D_n)^2 + (d_n a''_n)^2}$  Позначимо висоту граней  $d_n D_n$  буквою  $h = 0,4$ м. Однак  $(d_n a''_n)^2 = (d_n a'_n)^2 + (a'_n a''_n)^2$ , тоді  $a''_n D_n = \sqrt{h^2 + (d_n a'_n)^2 + (a'_n a''_n)^2}$ . Так як кут  $d_n a'_n a''_n$  прямий.

У цій рівності відстань  $d_n a'_n$  являє собою ширину захвату грані  $A_n D_n$  і дорівнює  $A_n' D_n$ . Позначимо цю ширину буквою  $B$ , тобто  $A_n' D_n = B$ . Ширина  $B$  дорівнює  $L_n \sin \beta = 0,4$ м

де  $L_n$  – довжина грані  $A_n D_n$ ;  $\beta$  – кут відхилення грані  $A_n D_n$  від повздовжньої вертикальної площини, в якій рухається кінчик  $A_n$  грані  $A_n D_n$ , який рівний згідно експериментального зразка  $45^\circ$ . Оскільки ширина грані рівна половині висоти стебла, то  $0,4 = L_n \sin 45^\circ$ .

Звідки,  $L_n = 0,4 / 0,71 = 0,56$ м.

Відстань  $a'_n a''_n$  являє собою повздовжній відгин стебла під час його підводу в кінець  $D_n$ . Цей повздовжній відгин позначимо  $l_n$ , тобто  $a'_n a''_n = l_n = 60^\circ \dots 75^\circ$ , який визначено експериментально. Оскільки середня висота стебла

люцерни рівна 0,8м, то  $\ell_{\pi} = 0,8 * (\sin 60^{\circ} \dots \sin 75^{\circ}) = 0,8 * (0,87 \dots 0,97) = (0,0696 \dots 0,0776) \text{ м}$

Отже, доходимо висновку,  $\Delta \ell_{\pi} = 0,69 \text{ м}$

Визначимо грані подільника на розділення та направлення стебел у робочу щілину плющильного апарата. Розглянемо тепер вплив лівої грані  $A_{\pi} D_{\pi}$  плющильної секції на стебла. Ця грань під час свого руху направляє в бік робочої щілини плющильного апарата стебла, які знаходяться на ділянці шириною  $a'_{\pi} d_{\pi}$  (рис. 2.1.). Передній кінець грані, знаходячись в зоні, де знаходиться стебло з основою в точці  $a''_{\pi}$ , дотикається з цим стеблом і в своєму русі впливає на нього та направляє його до точки  $D_{\pi}$ . В цій точці стебло  $a''_{\pi} d_{\pi}$  дотикається до стебла  $d_{\pi} D_{\pi}$ , яке стоїть вертикально. З'єднуючи точки  $d_{\pi}$  і  $a''_{\pi}$  отримуємо лінію  $d_{\pi} a''_{\pi}$ , яка показує нахил верхніх частин стебла, які наближаються до точки  $D_{\pi}$ . При цьому утворюється елементарний пучок стебел, який в такому вигляді переходить у робочу щілину плющильного апарата.

Цей елементарний пучок переходить у робочу щілину так само, як переходить описаний вище пучок, який утворився під час впливу грані  $A_{\pi} D_{\pi}$  на стебла. При цьому також утворюється зсув стебел, тобто їхня розтягнутість. У цьому пучку кут  $d_{\pi} D_{\pi} a''_{\pi}$  прямий, прямим є також кут  $a''_{\pi} a'_{\pi} d_{\pi}$ . Розтягнутість у цьому випадку  $\Delta \ell_{\pi}$  дорівнює:

$$\Delta \ell_{\pi} = a''_{\pi} D_{\pi} - d_{\pi} D_{\pi}, \quad (2.1)$$

де  $a''_{\pi} D_{\pi}$  – довжина частини  $a''_{\pi} d_{\pi}$  крайнього стебла;

$d_{\pi} D_{\pi}$  – довжина частини  $d_{\pi} D_{\pi}$  центрального стебла.

Як бачимо, утворення розтягнутості стебла, які підводяться граню  $A_{\pi} D_{\pi}$  секції аналогічно утворення розтягнутості стебел, які підводяться граню  $A_{\pi} D_{\pi}$ . Зважаючи на це, для розрахунку розтягнутості стебел, яку утворює грань  $A_{\pi} D_{\pi}$ , справедлива і для визначення розтягнутості  $\Delta \ell_{\pi}$ , яку утворює грань  $A_{\pi} D_{\pi}$ , якщо в формулу замість  $L_{\pi}$  підставити довжину  $L_{\pi}$ , тобто  $L_{\pi} = A_{\pi} D_{\pi}$   $A$  замість  $\beta_{\pi}$  – кут  $\beta_{\pi}$  відхилення від вертикальної площини.

$\ell_{\pi}$  – відстань  $a'_{\pi} a''_{\pi}$ , що являє собою повздовжній відгин стебла

$a''_{лD_{л}}$  прийого підводі в кінець  $D_{л}$  грані  $A_{лD_{л}}$ , тобто:  $\ell_{п} = a'_{л}a''_{л}$ .

Таким чином,  $\Delta\ell_{л}$  дорівнює

$$\Delta\ell_{л} = \sqrt{h^2 + L_{л}^2 \sin^2 \beta} + P^2 - h. \quad (2.2)$$

Отже,  $\Delta\ell_{л} = 0,69$  м, справедлива як і для правої частини секції.

## 2.2 Обґрунтування умови підводу плющильною секцією стебел

Для того, щоб під час роботи машини були вибрані скошені стебла, необхідно, щоб вони після впливу на них плющильної секції, яка розміщена над ріжучим апаратом ротаційного типу, опинились в робочій щілині плющильного апарата та були проплющені. Верхні частини гумових стрічок розташовані в точках  $D_{п}$  і  $D_{л}$ . Враховуючи, що плющення повинно здійснюватися тільки з верхньої частини половини стебел. Це означає, що мінімальна технічна довжина стебла, яка підлягає розплющуванню, за умови, що стебла затискаються в робочій щілині перпендикулярно площині ріжучого апарата, повинна дорівнювати (рис. 2.1.):

$$v_p + a''_{п} D_{п},$$

де  $v_p$  – ширина направляючого та одночасно брального паса, яка дорівнює половині середньої висоти стебел люцерни, тобто 0,4м.

Позначимо технічну довжину стебла через  $\ell_{т}$ , тоді умова брання всіх стебел на полі має вигляд

$$v_p + a''_{п} D_{п} \leq \ell_{т}. \quad (2.3)$$

Позначимо відношення технічної довжини стебла до його загальної довжини через  $K_c$ , а загальну довжину через  $\ell_o$ , тоді:

$$\ell_{т} = K_c * \ell_o = 1,2 * 0,8 = 0,96 \text{ см}, \quad (2.4)$$

де  $\ell_o$  – загальна довжина стебла в стеблостой. Приймаємо середню довжину 0,8м.

За таких умов для брання всіх стебел, які знаходяться в полі повинна виконуватись умова



$$v_p + \sqrt{h^2 + L_{\Pi}^2 \sin^2 \beta_{\Pi} + \ell_{\Pi}^2} \leq K_c \ell_o \quad (2.5)$$

$$0,887 \leq 0,96m$$

Отже нерівності являють собою умову брання машиною всіх стебел в полі, тобто умову брання без втрат, яка в даному типі машини, згідно розрахунків, виконується.

Розглянемо умови брання та підводу безкінечними гумовими стрічками. При однакових швидкостях  $v_1 = v_2$  стрічки 1 та 2, що діють на рослину з силами тертя  $F_{1c}$  та  $F_{2c}$ . При умові захоплення рослини без урахування перекочування та однакових коефіцієнтах тертя рослини по стрічках 1 та 2, які утворюють кут, рослини будуть захоплені і не будуть вислизати із кута, при умові

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi \text{ або } F_{1c} = F_{2c} = F_T \quad (2.6)$$

Якщо кут між зжимаючими поверхнями:

$$\lambda_3 \leq 2 \varphi, \quad (2.7)$$

де  $\varphi$  – кут тертя рослини по зжимаючим поверхням, який рівний  $\arctg(0,4)$ .

При урахуванні перекочування рослини по стрічкам 1 і 2 (рис. 2.2 б) за умови, що коефіцієнти перекочування однакові, що визначено у працях.

$$\lambda_{\text{зах}} \leq \arcsin \{2 (r_f - f_k)(r + f_k f) / [(r_f - f_k)^2 + (r + f_k f)^2]\}. \quad (2.8)$$

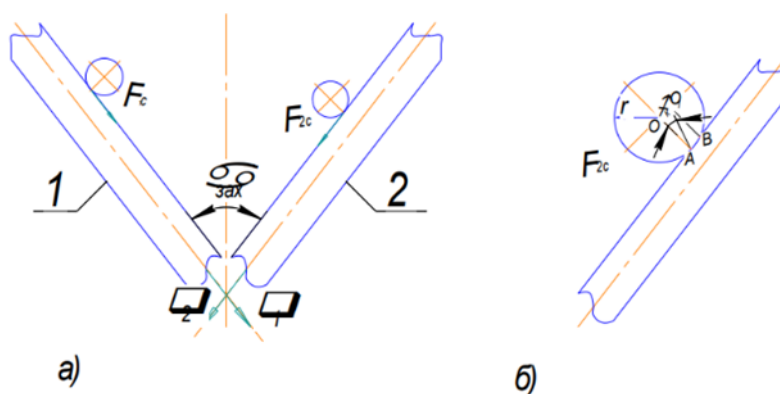


Рисунок 2.2 - Схеми визначення умови брання та підводу стебел: а) при урахуванні коефіцієнта тертя; б) при урахуванні коефіцієнта перекочування.

Помноживши обидві частини виразу на знаменник дроби і розділивши всі члени виразу на  $(1 + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_k)^2$ , отримаємо

$$\operatorname{tg}^2 (\varphi - \varphi_k) \sin \lambda_{\text{зах}} + \sin \lambda_{\text{зах}} \leq 2 \operatorname{tg}(\varphi - \varphi_k).$$

В результаті подальших перетворень отримаємо  $\sin \lambda_{\text{зах}} \leq 2$

$$\operatorname{tg}(\varphi - \varphi_k) / [1 + \operatorname{tg}^2 (\varphi - \varphi_k)].$$

Змінивши  $\sin \lambda_{\text{зах}}$  на  $2 \operatorname{tg}(\lambda_{\text{зах}}/2) / [1 + \operatorname{tg}^2 (\lambda_{\text{зах}}/2)]$ ,

де  $\varphi$  – кут кінетичного тертя ковзання рослини по затягуючі гумових стрічках;

$\varphi_k$  – кут тертя кочення рослини по гумових стрічках, який рівний  $\arcsin(k/r) = \arcsin(0,8/2,5) = \arcsin(0,5333) = 12^\circ$ ,

де  $k$  – коефіцієнт тертя кочення, який залежить від одиниці довжини стебла.

Оскільки середня висота люцерни рівна 80 см, то  $k = 0,8$ ;

$r$  – радіус досліджуваного стебла. Згідно досліджень він в середньому становить 2,5 м.

Тобто, рослина буде подаватися стрічкам 1 та 2 у кут їх сходження, тому що кут захоплення менше подвійної різниці кута тертя і кута кочення рослини по гумовій стрічці.

Для обґрунтування конструктивних параметрів необхідно визначити діаметр роликів та їх частоту обертання.

### **2.3 Визначення діаметра ведених та ведучих роликів безкінечної гумової стрічки плющильного апарата**

Для забезпечення надійного та якісного проведення технологічного процесу плющення стебел рослин необхідно, щоб вальці мали визначений діаметр.

Відомо, що при затягуванні стебел вальцями в робочу щілину зазором  $h_0$  між ними (рис. 2.3.) захоплення найбільш далеко розміщених стеблин в точках  $A$  і  $B$  відбувається при кутах  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , рівних або менших кутах тертя  $\varphi$  поверхні вальців об стебло.

В такому випадку на стебла в точках  $A$  і  $B$  зі сторони вальців діють

нормальні сили  $N_1$  і  $N_2$  сили тертя ковзання  $F_1$  і  $F_2$  та їх рівнодіючі  $R_1$  і  $R_2$ , відхилення від нормальних сил  $N_1$  і  $N_2$  на кут тертя  $\varphi$ , які направленні в сторону затягування стебел, а не їх відштовхування, що мало би сенс при  $\alpha_1 > \varphi$  і  $\alpha_2 > \varphi$ . При вальцях однакового діаметра і розміщенні стебел посередині між вальцями  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ . Тоді умова захоплення стебел вальцями в даному випадку виражається

$$\alpha_1 \leq \varphi. \quad (2.9)$$

Тому при виборі параметрів вальців при яких буде забезпечено захоплення стебел, а в нашому випадку еластичною стрічкою, слід виходити із нерівності. Але до даної нерівності слід доповнити умову, виконання якої дозволить забезпечити надійне захоплення стебел. забезпечення надійного захоплення шару стебел максимально можливої товщини  $h_{\max}$  при найменших значеннях кута тертя поверхні стрічки по стеблах  $\varphi_{\min}$ .

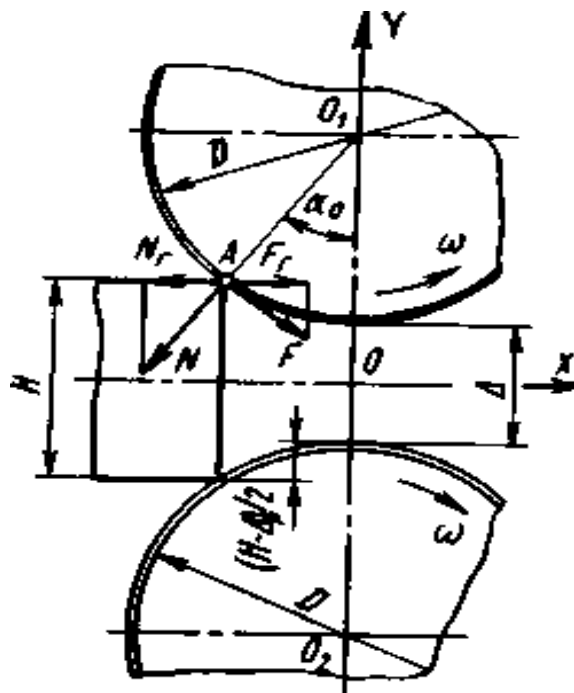


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку діаметра ведених роликів плющильної секції

Кути  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  залежать від діаметра вальців  $D_B$ ; товщини шару  $h$  і зазору  $h_0$  між вальцями, які здійснюють плушення стебел (рис. 2.3.). При  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  отримаємо

$$\cos\lambda = \frac{\frac{D_B + h_0}{2} - \frac{h}{2}}{\frac{D_B}{2}} = 1 - \frac{h-h_0}{D_B}$$

$$D_B = (h-h_0)/(1-\cos\varphi) \quad (2.10)$$

Дана умова відповідає чітко визначеному шару стебел. Згідно, досліджень А.Ф. Лазебного, врожайності 330 ц/га відповідає шар рослинної маси рівний 4,5 – 5,0 см. За рахунок того, що рослина маса поділяється на певні порції, при допомозі безкінечних гумових стрічок та розтягується між ними, будемо вважати, що рослини розподіляється рівномірно. Тому товщина шару обробленої рослинної маси, встановленої експериментально, буде становити 2,18 см.

$$D_B = (4,68 - 2,18)/(1 - \cos 48^\circ) = 2,5/0,1923 = 13 \text{ см}$$

Визначення частоти обертання ведених та ведучих роликів Пробуксовування поверхні гумових стрічок по поверхні матеріалу роликів негативно впливає на якість плющення, так як призводить до втрат, внаслідок неякісного проведення процесу. При силі протягування  $P$  рівній силіопору  $T$ , процес руху стрічок відбувається без пробуксовування.

Якщо швидкість привідних роликів збільшити настільки, що сила інерції матеріалу буде відігравати помітну роль, то гумові стрічки почнуть відставати внаслідок пробуксовування. Пробуксовування за час  $t$  можна записати в виді сліду чого інтеграла:

$$\delta(t) = \int^t \varphi P(t) dt, \quad (2.11)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт проскользування поверхнею стрічок відносно поверхні матеріалу роликів за одиницю часу, віднесене до дії одиничної сили, см/(Нс).

Даний коефіцієнт можна визначити експериментально, порівнюючи умову статичної рівноваги шару матеріалу, який зажатий нерухомим плющильним апаратом і протягується зусиллям  $P-T=1H$ .

Отже, швидкість обертання привідних роликів плющильного апарата можна представити рівністю:

$$V = T\varphi + V_{ш}, \quad (2.12)$$

де  $V_{ш}$  – швидкість поступання шару матеріалу.

Оскільки для підтримання пружного стану безкінечних гумових стрічок використовується натяжний пристрій, то пробуксовування її об стрічку буде відсутнім.

Оскільки привідні ролики є носіями безкінечних гумових стрічок, то частота їх обертання буде рівна:

$$n = \vartheta_m \cdot 30 / \pi \cdot R$$

де  $\vartheta_m$  - робоча швидкість машини, яка згідно польових випробовувань становила – 2,5...2,86 м/с;

$R$  – радіус роликів, яка згідно прорахунків рівна 6,5 см.

Отже,  $n \approx 390 \text{ м / с}$

## 2.4 Обґрунтування кінематичних параметрів плющильного апарата

Визначаємо сили діючі на стебла зі сторони поверхні гумових стрічок у стиску і відновлення матеріалу

В процесі стійкої роботи плющильного апарата замість точки  $A$  з'являється дуга контакту  $AB$  (рис. 2.4.), а точка  $C$  прилягання рівнодіючої нормальної сили визначається кутовою координатою  $\alpha_0$ . Для нормального протікання процесу достатньо, щоб виконувалась нерівність  $\varphi \geq \lambda_0$ .

Так як кут  $\lambda_0 < \lambda$ , то слідує, вальці можуть плющити шар матеріалу більшої товщини, ніж той, який вони можуть захватити в початковий момент. Так як свіжоскошене стебло володіє як пружними так і пластичними властивостями, тому шар матеріалу зажатий в зазор між вальцями до мінімальної висоти  $h_{\min} = \Delta$ , по виході із вальців знову збільшується, але вже до меншої висоти.

При такому плющенні здійснюється симетрична деформація шару відносно його середньої площини. Нехай шар матеріалу початкової товщини  $h_n$  стискується до товщини  $h_{min}$ , яка рівна зазору між вальцями  $\Delta$  рисунок 2.4, а потім внаслідок пружного розширення, дію якого можна рахувати миттєво, знову розширяється до кінцевої товщини  $h_k$ .

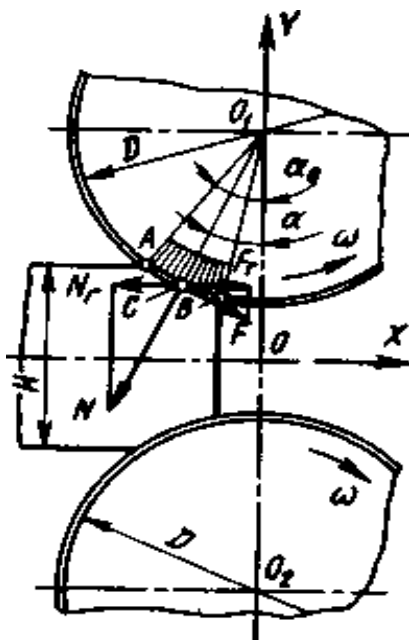


Рисунок 2.4 – Сили діючі на матеріал при протягуванні під час плющення

У випадку плющення абсолютно пластичних матеріалів  $h_{min}=h_k$ ; у випадку пружного матеріалу  $h_n=h_k$ , а в усіх інших випадках  $h_{min}< h_k \leq h_n$ .

Ділянки контакту матеріалу з вальцем на дугах  $AB$  і  $BC$  будемо називати зонами стискання і відновлення.

Навантаження вальця на шар матеріалу завжди направлені нормально до поверхні і в обох зонах деформації можуть бути приведені до двох рівнодіючих  $P_1$  і  $P_2$ . Розклавши їх по напрямленню стискання матеріалу – вздовж вертикальної осі  $Y$  і по напрямленню руху шару – вздовж горизонтальної осі  $X$ , отримаємо складові  $P_{1y}$  і  $P_{2y}$ , які виштовхують матеріал, а також  $P_{1x}$  і  $P_{2x}$ , які стискають матеріал. Сили  $P_{1y}$  і  $P_{2y}$  направлені в сторони протилежні одна одній.

Таким чином, матеріал стискають сумою горизонтальних складових нормальних сил та сил тертя

$$R_{1x} = P_{1x} + F_{1x}, \quad (2.14)$$

а в зоні відновлення – різницею цих сил:

$$R_{2x} = P_{2x} - F_{2x}. \quad (2.15)$$

Тому умову прокатування можна записати

$$P_{2y} + F_{1y} + F_{2x} \geq P_{1y}. \quad (2.16)$$

Для розрахунку сил діючих при прокатуванні, виділимо елементарний шар матеріалу  $dx_1$  товщиною  $h_1$ , в зоні стиску  $dx_2$  товщиною  $h_2$  – в зоні відновлення, які представленні на рисунку 2.5.

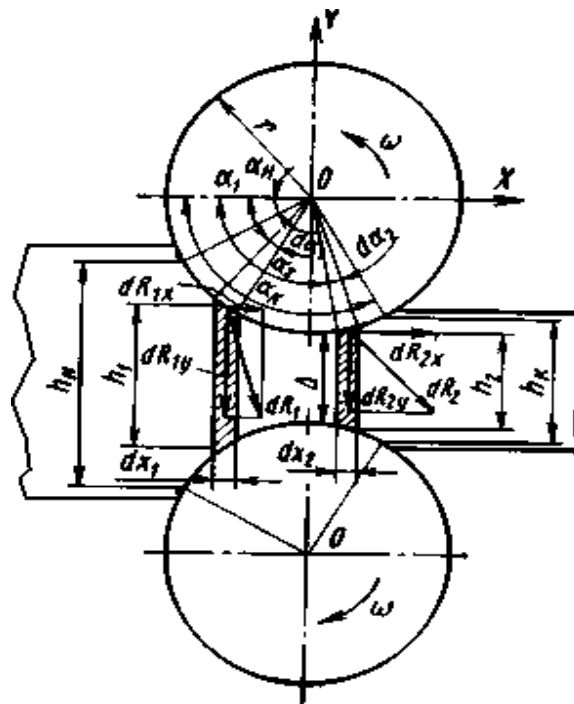


Рисунок 2.5 – Схема для розрахунку сил діючих при симетричному плющенні рослинної маси

Для першої зони ( зона стиску):

$$\rho_1 = \rho_n \frac{h_n}{h_1},$$

де  $\rho_n$  - початкова густина матеріалу, який розплющується.

Для другої зони ( зона відновлення ):

$$\rho_2 = \rho_k \frac{hk}{k}, \quad (2.17)$$

де  $\rho_k$  - кінцева густина матеріалу при виході з вальців.

Товщина шару:

$$h_1 = \Delta + 2r(1 - \sin\lambda_1), \quad (2.18)$$

$$h_2 = \Delta + 2r(1 - \sin\lambda_2), \quad (2.19)$$

де  $r$  - радіус вальця, см.

Абсолютна деформація елементарного шару буде рівна:

$$\Delta\ell = \ell_1 - \ell_2, \quad (2.20)$$

де  $\ell_n$  – ширина шару маси, яка поступає в вальці, см;

$\ell_1$  - ширина шару маси елементарній зоні деформації.

$$\Delta\ell = E\Delta h_1, \quad (2.21)$$

де  $E$  - коефіцієнт бокового розширення.

Отже, 
$$\ell_1 - \ell_n = E(h_n - h_1). \quad (2.22)$$

При  $h_n = h_n$

$$\ell_1 = h_n(1 + E) - Eh_1. \quad (2.23)$$

Залежність густини матеріалу від тиску  $p$  опишемо експоненціальним виразом

$$p = [\exp(a(\rho - \rho_0)) - 1].$$

Отже, для зони стиску та відновлення буде рівна

$$p_1 = C_1[\exp(a_1(\rho_1 - \rho_n)) - 1]; \quad (2.24)$$

$$p_2 = C_2[\exp(a_2(\rho_2 - \rho_k)) - 1],$$

де  $p_1, p_2$  – граничний тиск, кг/см<sup>2</sup>;

$c_1, c_2, a_1, a_2$  – експериментальні коефіцієнти, які залежать від фізико - механічних властивостей матеріалу.



Підставляючи значення густини  $\rho_1$  отримаємо величину тиску в зоні стиску

$$P_1 = C_1 \left[ e^{\rho_n a_1 \left( \frac{h_n \ell_n}{A+B \sin \alpha_1 - D \sin^2 \alpha_1} - 1 \right)} - 1 \right] \quad (2.25)$$

Аналогічним способом для зони відновлення матеріалу отримаємо наступний вираз для густини в елементарній зоні деформації:

$$P_2 = C_2 \left[ e^{\rho_k a_2 \left( \frac{h_k \ell_k}{A_1+B_1 \sin \alpha_2 - D \sin^2 \alpha_2} - 1 \right)} - 1 \right] \quad (2.26)$$

Сили, діючі на елементарну площадку в зонах стиску та відновлення матеріалу:

$$dR_{1x} = p_1 \ell_1 dx_1; dR_{2x} = p_2 \ell_2 dx_2.$$

Підставляємо значення  $p_1$  та  $p_2$

Отримаємо  $\ell_1 = (1+E)-E[\Delta+2r(1-\sin\alpha_1)];$

$$dx_1 = r \sin \alpha_1 d\alpha_1.$$

$$\ell_2 = h_k(1+E)-E[\Delta+2r(1-\sin\alpha_2)]; dx_2 = r \sin \alpha_2 d\alpha_2.$$

Перетворивши отримаємо:

$$R_{1x} = \int_{\alpha_n}^{\frac{\pi}{2}} \Phi_1(\alpha_1) d\alpha_1;$$

$$R_{2x} = \int_{\frac{\pi}{2}}^{d_x} \Phi_2(\alpha_2) d\alpha_2$$

Визначимо затрати потужності при обробітку рослинної маси експериментальною косаркою-плющилкою. Щоб вирахувати момент  $M$ , який необхідно прикласти до вальців для здійснення плющення потрібно знайти місце прикладання сил  $R_1$  та  $R_2$ , тобто координати точок розміщення центрів ваги епюр стискаючих зусиль – точки  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ .

Якщо умова прокатування матеріалу виконується і проскользування у плющильному апараті відсутнє. При урахуванні взаємного урівноваження горизонтальних складових реакцій опор вальців – момент опору рівний

привідному моменту, який можна подати у вигляді суми

$$M=r(R_{1x}\cos \alpha_{c1} +R_{2x}\cos \alpha_{c2} ). \quad (2.27)$$

Якщо умова прокатування порушується і виникає проскользування матеріалу по поверхні вальців, що призводить до значного збільшення опору, то приводний момент виражається за формулою

$$M_{\max} = \left( \frac{R_{1x}}{\sin\alpha_{c1} + f\cos\alpha_{c1}} + \frac{R_{2x}}{\sin\alpha_{c2} + f\cos\alpha_{c2}} \right) \times r \times f$$

### **Висновки**

1. Визначено вплив граней подільника на розділення та направлення стебел у робочу щілину плющильного апарата, що надало можливість визначити розтягненість рослинної маси, яка поступає після скошування.
2. Скориставшись даними, які отриманні під час польових досліджень було визначено діаметр та частоту обертання привідних роликів, що було враховано при розробці експериментальної косарки-плющилки.
3. Враховано вплив коефіцієнтів тертя та перекошування на якість обробітку рослинної маси.

### **3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Експериментальні дослідження проводились в два етапи. На першому етапі досліджували фізико-механічні характеристики стебла люцерни. На другому - дослідження технологічного процесу в польових умовах.

Хід проведення експериментальних досліджень фіксувався з використанням фотографування.

#### **3.1 Програма експериментальних досліджень**

В програмі експериментальних досліджень ставили за мету:

- визначення фізико-механічних властивостей стебла люцерни взаготівельний період;
- дослідження властивостей окремих частин стебла рослини, необхідних при розробці плющильного апарату;
- дослідження впливу валка, створеного при допомозі нового плющильного апарату на швидкість вологовіддачі трав'яної маси.

Теоретичне обґрунтування запропонованої методики при дослідженні швидкості вологовіддачі різних частин стебла. Для обґрунтування запропонованої методики необхідно ознайомитися із фізико-механічними властивостями тієї культури, яку ми беремо для дослідження, а саме люцерну.

Другою дуже цінною групою трав'яних рослин, лук і пасовищ є родина бобових. Бобові - дуже поживні рослини. 1 кг сіна заготовленого із збереженням листочків, відповідає 0,5 – 0,6 корм. од. і містить 90 – 100 г перетравного протеїну. Трава бобових за поживною цінністю займає перше місце серед кормових рослин. Штучне сушіння їх на початку цвітіння дає можливість одержувати цінні протеїнові концентрати, які найбільше містяться у листах та суцвіттях.

Найбільш цінні в кормовиробництві люцерна посівна, конюшина лучна

і тд. Сіно і зелений корм люцерни дуже поживні і багаті на мінеральні речовини, вітаміни, мікроелементи, кальцій і фосфор. За якістю корму більш цінна рослина ніж конюшина. Так у період цвітіння 1 кг містить 38 – 44 г перетравного протеїну, 22 – 23% сухої речовини і відповідає 0,20 – 0,22 кормової одиниці.

Але у бобових є суттєвий недолік – нерівномірність висихання стебла та листків, що призводить до втрат найбільш цінних в кормовому відношенні частин рослини, а саме: листків та суцвіть. Цей недолік негативно впливає на якість корму. Для прискорення сушки використовують різні технологічні прийоми. Дослідження розподілу вологи у стеблі люцерни слід проводити в фазі бутонізації – початок цвітіння, тому що в цей період спостерігається найбільша кількість поживних речовин.

### **3.2 Визначення довжини та діаметра стебел люцерни**

Для визначення довжини та діаметра стебла люцерни проводять на рослинах 2 – го, 3 – го та 4 – го років вегетації. Для вимірювання довжини та діаметра стебел люцерни із проби виділяють 100 стебел.

Довжину стебла визначаємо вимірюванням їх в сантиметрах метричної лінійки. Дані записуємо у протокол досліджень. Після чого визначаємо середню величину.

Діаметр стебел визначаємо з допомогою штангенциркуля. Точність заміру 0,1мм. Заміри діаметра одного стебла проводять в 3 – х місцях по довжині стебла; прикорню, в середній частині і у верхівки – в місці останнього розходження. Одночасно з визначенням діаметра стебла проводимо запис результатів вимірювань та визначаємо середню величину.

Для дослідження вологовіддачі необхідно створити дві групи: не плющені та плющені рослини. Оскільки дослідження проводимо з невеликою кількістю трав'яної маси, тому плющення стебел здійснюємо при допомозі лабораторної установки.

Розкладаємо усі стебла груп на поверхні близькій до польових умов так, щоб стебла не створювали затінок один-одному. Через кожних 2-3 год., відбираємо стебла з кожної групи та очищаємо від листків і суцвіть. Із різних зразків беремо певну масу листків та суцвіття і заповнюємо попередньо підготовленні (висушені і зваженні) бюкси, зважуємо та ставимо в сушильну шафу для висушування при температурі 100 – 105<sup>0</sup>С до постійної маси. Результати заносимо до протоколу випробовувань.

Не плющене стебло, очищене від листків та суцвіття, розділимо на три частини: верхівка, середня та прикоренева. Далі необхідно подрібнити ножицями до розміру частинок не більше 1 см., кожну з частин стебла. Із різних зразків беремо певну масу і заповнюємо попередньо підготовленні (висушені і важенні) бюкси, зважуємо та ставимо в сушильну шафу для висушування при тій ж температурі, що і листки та суцвіття, до постійної маси.

Плющене стебло, очищене від листків та суцвіття, розділимо аналогічно не плющеному стеблі. Далі необхідно подрібнити ножицями до розміру частинок не більше 1 см., кожну з частин стебла. Із різних зразків беремо певну масу і заповнюємо попередньо підготовленні (висушені і важенні) бюкси, зважуємо та ставимо в сушильну шафу для висушування при тій ж температурі, що й при попередніх дослідженнях, до постійної маси.

Таким чином, визначимо початкову та кінцеву маси, проаналізувавши визначимо вологість свіжоскошеної та по мірі підсихання трав'яної маси - різних частин рослини, згідно ГОСТ 27548 – 97.

### **3.3 Методи визначення показників впливу сформованого валка з використанням запропонованої конструкції**

Оцінку ступені плющення косарок–плющилок вальцевого типу проводимо на ділянці з рівним травостоєм. Виділена ділянка повинна містити площу не менше ніж 6 проходів машини, а довжину вибирають згідно ОСТ 70.8.2.82. Перед скошуванням рослин на кожній ділянці визначаємо

урожайність зеленої маси методом залікових ділянок. Площа залікової ділянки повинна становити 1м<sup>2</sup>. Такі площадки розміщуємо по діагоналі ділянки на рівній відстані між собою. Таких площадок має бути не менше 6 штук. Із кожної ділянки відбираємо 5 або більше зразків трави, масою не менше 1 кг.

Після виконання технологічної операції визначаємо ботанічний склад травостою. Ботанічний склад визначаємо шляхом перебирання відібраних зразків. Дані зразки беруться із загальної маси кількістю 3 штуки та масою 0,5 кг. Рослини кожного зразка розбираємо на 3 групи по видам: злакові, бобові та різнотрав'я. Кожну групу зважуємо з точністю до 10 г. Результати заносимо у відомість.

На першій ділянці рослинну масу тільки скошуємо косаркою КС-2,1 або КРН – 2,1. На другій ділянці технологічний процес здійснюємо за допомогою косарки-плющилки КПС – 5Г. На третій ділянці обробіток рослинної маси здійснюємо при допомозі експериментальної машини. Технологічний процес розпочинаємо о 8<sup>00</sup> год.

В процесі проведення польових досліджень визначаємо наступні показники якості роботи. Якість процесу вологовіддачі залежить від кількості проплющених стебел. Дану кількість визначаємо шляхом відбору проб із другої та третьої ділянки масою не менше 1 кг, шляхом перебору та розкладання на групи: непроплющені, частково проплющені і проплющені. Кожну групу зважуємо з точністю до 10г. Результати заносимо у відомість. Дані дослідження проводимо окремо для кожної машини.

Якість вологовіддачі також залежить від висоти валків рослинної маси на полі. Для цього вимірюємо висоту у валках через інтервал у 1 м. Висоту у валках визначаємо шляхом заміру відстані від поверхні ґрунту до верхньої частини валка. Ширину визначаємо шляхом заміру по крайнім точкам основної маси в 10-х місцях по ходу через 3 – 5 м в кожному з валків для різного типу машин. За основу беремо розстил після косарки КС- 2,1.

Динаміку сушіння рослинної маси визначаємо у трьох місцях кожної із

залікових ділянок і відмічаємо кілочками місця взяття проб на вологість, які вибираємо по діагоналі ділянки в 20-х або більше місцях. Індивідуальні проби беремо жменями з захватом невеликої кількості трави на повну товщину прокошу або валка. Дані проби сушимо на решетах площею 1м<sup>2</sup> і через 2 – 3 години, в залежності від інтенсивності сушіння зважуємо з точністю до 5г. Дослідження проводимо до отримання маси вологістю 18 – 20%. Дані заносимо у відомість.

Перелік необхідних приладів та пристосування для визначення вищевказаних показників наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Необхідні прилади та обладнання для оцінки ступеня плющення косарки-плющилки пальцевого типу

| Показник   | Найменування приладу або обладнання           | Допустима погрішність вимірювання |
|------------|---|-----------------------------------|
| Маса       | Вага поштова ВП-50                            | ± 5г                              |
|            | Вага ВЛКТ-500                                 | ± 0,01г                           |
| Вологість  | Шафа сушильна або вологомір типу “Ультра – Х” |                                   |
| Довжина    | Лінійка                                       |                                   |
|            | Ножиці (сікач)                                |                                   |
| Жорсткість | Динамометр                                    | ± 0,01г                           |

## Висновки

Порядок оцінки ступеня плющення згідно запропонованої методики покажемо на конкретному прикладі з використанням даних, які були отримані під час проведення лабораторно-польових випробувань косарки-плющилки на люцерні першого укусу.

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1 Дослідження нерівномірності вологовіддачі різних частин не плющеного стебла

Під час проведення лабораторних досліджень були отримані дані по вологості різних частин не плющеного стебла, на основі яких отримали динаміку вологовіддачі різних частин стебла.

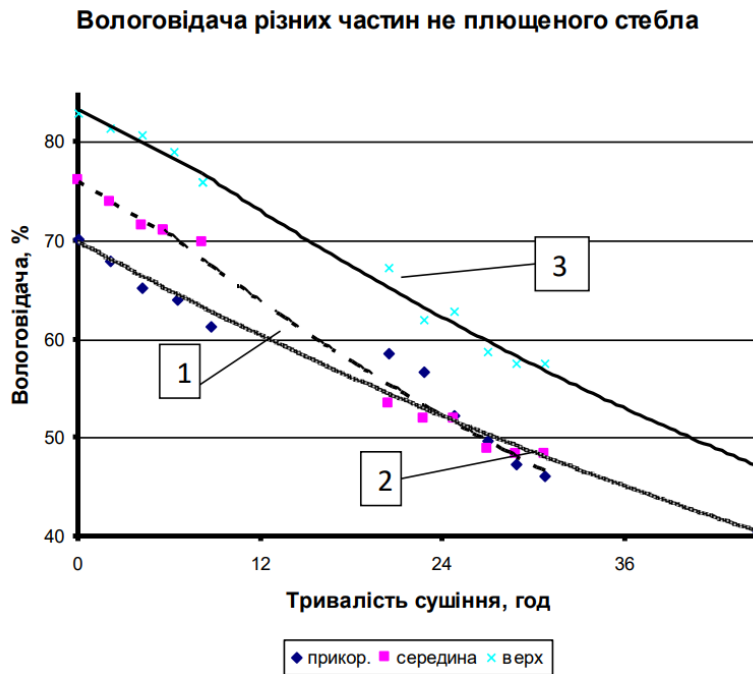


Рисунок 4.1 – динаміка вологовіддачі не плющеного стебла

1 – прикоренева частина стебла; 2 – середня частина стебла; 3 – верхня частина стебла

Опис може бути проведений двома залежностями:

- перший період – лінійною функцією:  $W = a + b\tau$ ;
- другий період експоненціальною:  $W = a e^{(b \tau)}$ ,

де  $W$  – вологість, %;

$\tau$  – час, год;



$a$  та  $b$  – постійні коефіцієнти, які визначенні при допомозі ЕОМ для різної частини не плющеного стебла при різних періодах сушіння:

Проведемо спостереження за динамікою вологовіддачі різних частин плющеного стебла.

Аналогічно як і для не плющеного стебла побудуємо динаміку зміни вологості у різних частинах стебла та визначимо постійні коефіцієнти для різних частин плющеного стебла (рис. 4.2.).

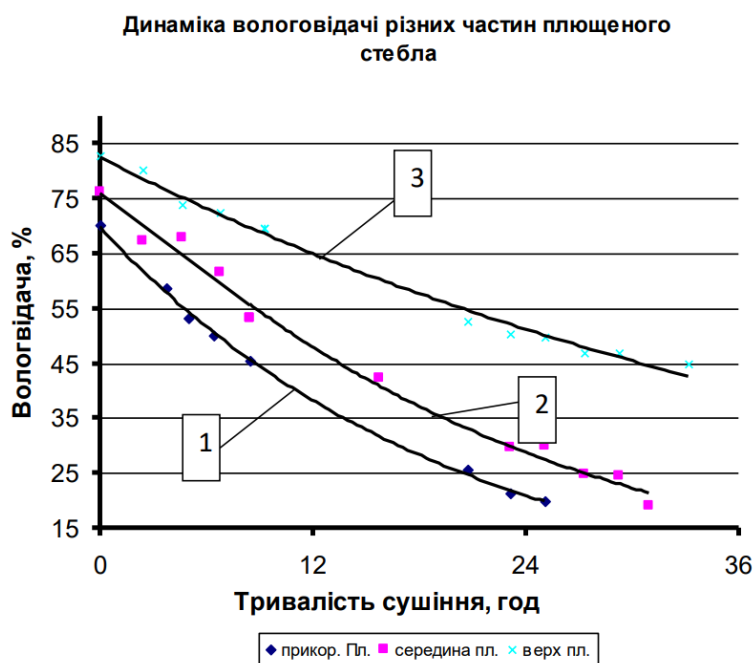


Рисунок 4.2 – динаміка вологовіддачі різних частин плющеного стебла  
1 – прикоренева частина стебла; 2 – середня частина стебла; 3 – верхня частина стебла

Аналогічно як і при аналізі даних не плющеного стебла видно, що по мірі підсушування різні частини стебла висихають не однаково. Як бачимо прикоренева частина досягає вологості зберігання за 25 годин. Середня частина стебла досягає тієї ж вологості за 32 години, а вологість верхньої частини в цей час приблизно становить 42,4%.

При порівнянні динаміки вологовіддачі різних частин плющеного та не

плющеного стебла бачимо, що проведення технологічного процесу плющення суттєво зменшує термін висушування трав. Отже, при дослідженні динаміки вологовіддачі різних частин стебла люцерни впливає, що найбільша кількість води, у початковий період, знаходиться у верхній частині стебла і така закономірність спостерігається й по мірі висушування до вологості зберігання. Тому доцільно дослідити вологовіддачу половини плющеного стебла, як для верхньої так і нижньої його частин.

#### 4.2 Дослідження розподілу води у половинні плющеного стебла

При порівнянні вище розглянутих динамік вологовіддачі бачимо, що початкова вологість різних частин стебла суттєво різниться і це в подальшому впливає на динаміку вологовіддачі.

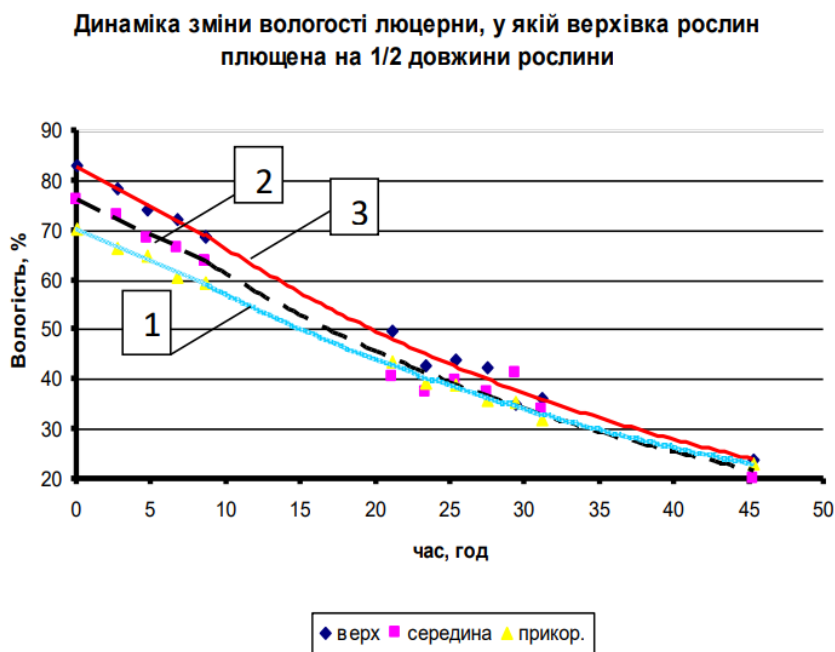


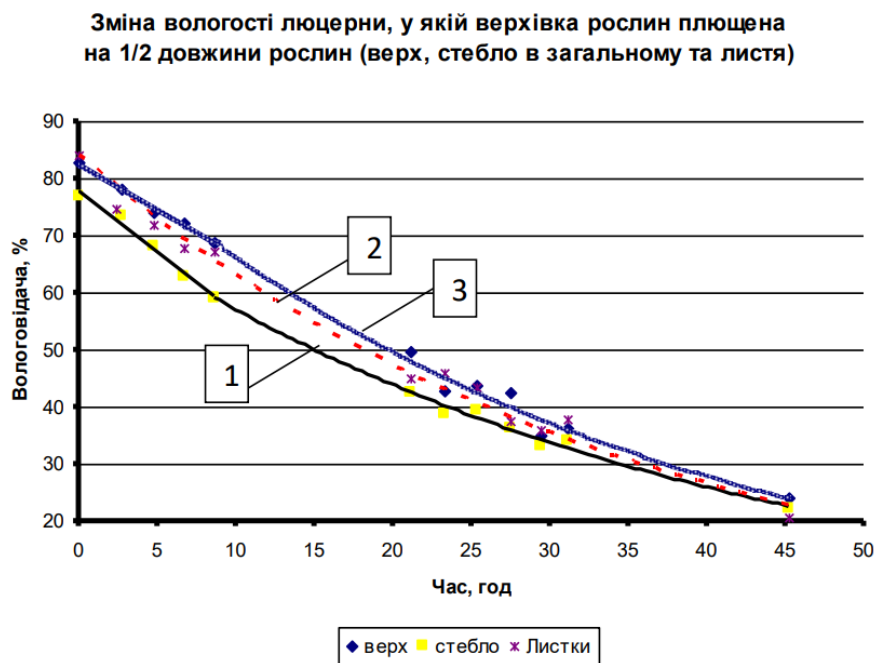
Рисунок 4.3 - Динаміка вологовіддачі половини плющеного стебла (верхня частина): 1 – прикоренева частина стебла; 2 – середня частина стебла; 3 – верхня частина стебла

Незалежно, підлягає обробітку стебло чи ні найповільніше віддає вологу верхня частина. Тому проведемо спостереження за динамікою вологовіддачі половини плющеного стебла (верхня частина).

Аналізуючи криві динаміки вологовіддачі бачимо, що віддача вологи різних частин стебла, незважаючи на різну початкову вологість, відбувається однаково.

Незалежно, підлягає обробітку стебло чи ні найповільніше віддає вологу верхня частина. Тому проведемо спостереження за динамікою вологовіддачі половини плющеного стебла (верхня частина).

Аналізуючи криві динаміки вологовіддачі бачимо, що віддача вологи різних частин стебла, незважаючи на різну початкову вологість, відбувається однаково.



4.4 – Динаміка вологовіддачі половини плющеного стебла (верхня частина):

1 – стебло в загальному (без листків та суцвіття); 2 – верхня частина стебла; 3 – листки

Представимо для порівняння на рисунку 4.4. вологовіддачу половини

плющеного стебла (верхня частина) із листками. Постійні коефіцієнти для функцій, які описують графічні криві динаміки різних частин стебла будуть такими.

Отже, при проведенні плющення тільки половини стебла (верхня частина) бачимо, що відбувається вирівнювання вологовіддачі не тільки у самому стеблі, а й листків зі стеблом. Це надасть можливість зменшити втрати не тільки з урахуванням збереження поживних речовин за рахунок прискорення вологовіддачі, а й за рахунок збереження вегетативних частин рослин (листіків та суцвіть). Отже, необхідність у плющенні усього стебла відпадає.

### 4.3 Визначення швидкості вологовіддачі різних частин стебла

При аналізі динамік вологовіддачі частин стебла, оброблених різними способами проведення технологічного процесу – плющення та контрольного зразка без проведення обробітку визначено методом графічного інтегрування перший та другий період сушіння бобових трав у лабораторно-польових умовах.

Використавши дані побудуємо графічні залежності для швидкості вологовіддачі (рис. 4.5).

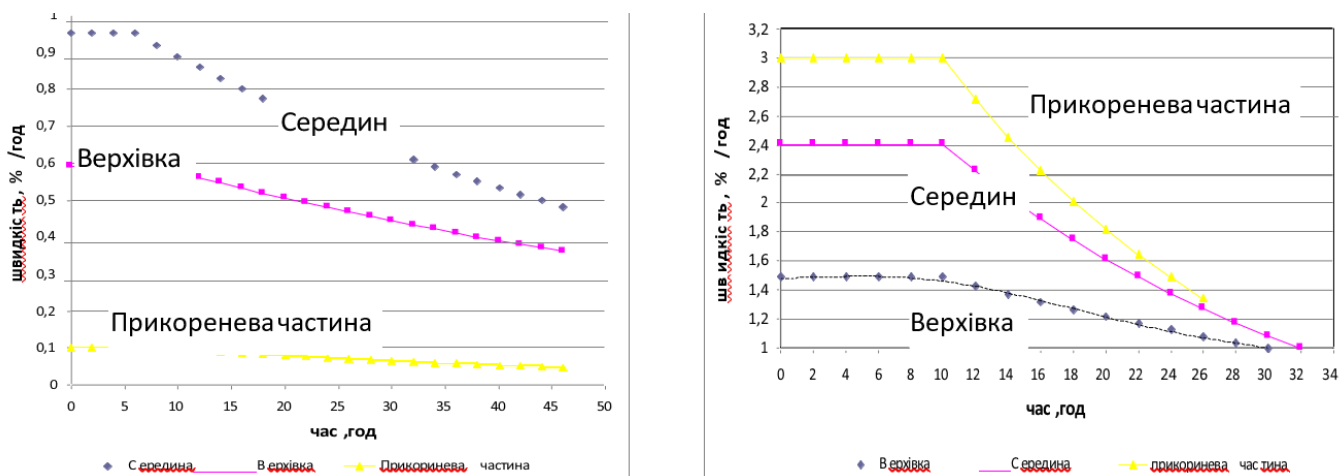


Рис. 4.5. Швидкість вологовіддачі різних частин плющеного та неплющеного стебла

Аналізуючи рисунки можна зробити висновок, що найкраща швидкість вологовіддачі різних частин стебла є у стеблі плющеному до половини (верхня частина) за рахунок збільшення першого періода.

Таблиця 4.1. Метеоумови під час проведення дослідів на люцерні

| Температура, °С |      |      |                    |      | Відносна вологість повітря, % |            | Опади, мм |
|-----------------|------|------|--------------------|------|-------------------------------|------------|-----------|
| повітря         |      |      | на поверхні ґрунту |      | середня                       | мінімальна |           |
| середня         | макс | мін  | макс               | мін  |                               |            |           |
| 26.7            | 31.2 | 17.6 | 59.4               | 16.4 | 49                            | 38         | -         |
| 32.3            | 37.4 | 18.2 | 61.0               | 17.5 | 56                            | 37         | -         |
| 34.1            | 38.2 | 20.1 | 61.7               | 18.7 | 51                            | 35         | -         |

Як видно з таблиці в період проведення досліджень була спекотна та суха погода, що в значній мірі прискорювала процес висушування рослинної маси.

Скошування трави люцерни проводили трьома видами косарок: КС – 2,1; КПС – 5Г та експериментальною косаркою – плющилкою о 8<sup>00</sup> год.

Вихідна маса характеризувалася середньою врожайністю 344 ц/га. За структурою вона містила 91,39% люцерни і 8,61% різнотрав'я.

В досліджуваних посівах люцерни листя та суцвіття складали 49,1%, стебла – 50,9%.

Було виділено три ділянки поля згідно визначених варіантів:

- 1) (контроль) – маса висушувалась без обробітку рослинної маси, тобтоскошувалась косаркою КС – 2,1;
- 2) – обробіток валка проводили, тобто скошували косаркою-плющилкоюКПС – 5Г;
- 3) – експериментальним зразком косарки - плющилки.

Застосування механізмів різної конструкції, чи різних робочих органів дуже по різному впливає на інтенсивність вологовіддачі трави, оскільки застосування їх впливає на якість обробітку та формування валка, а саме його

профіль, висоту, ширину, щільність, що в свою чергу створює різні умови проходження потоку повітря через валок.

Отже, на інтенсивність вологовіддачі трав'яної маси впливають параметри валка, а саме його профіль, висота, ширина, щільність, що в свою чергу створює різні умови проходження потоку повітря через валок. Використання експериментальної косарки-плющилки дозволяє зменшити параметри валка, що призводить не тільки до зменшення терміну перебування трави у полі під час заготівлі кормів, а це зменшить вплив погодних умов, тому що ймовірність погожих днів для сушіння сіна у полі становить для різних зон України 0,5-0,6. Також зменшиться:

- 1) кількість проходів граблів-ворушилок, що в свою чергу призведе до зменшення: ущільнення ґрунту, тобто збереження врожайності;
- 2) негативного впливу робочих органів ворушилок, тобто збереження найбільш цінних у кормовому відношенні частин рослини – листки та суцвіття.

Оскільки урожайність зеленої люцерни в досліді була досить високою, валок після скошування КПС -5Г був масивним. Маса одного погонного метра валка становила 19,5-21,1 кг при ширині 183-185 см і висоті 32- 34 см. Щільність валка при цьому становила 10,5-11,4 кг/м<sup>2</sup>.

Таблиця 4.2 – Розмірна характеристика валка

| Технологічна операція                           | Ширина, см | Висота, см | Лінійна щільність, кг/м <sup>2</sup> |
|---|------------|------------|--------------------------------------|
| Скошування косаркою-плющилкою КПС – 5Г          | 183-185    | 32-34      | 10,5-11,4                            |
| Скошування експериментальною косаркою-плющилкою | 65-69      | 12-18      | 5,7-7,2                              |

Проведені технологічні операції по обробітку маси в третьому варіанті

досліді покращили структуру валка і прискорили процес сушіння за рахунок зменшення розмірних параметрів.

За показниками, що характеризують структуру валка в другій та третій залікових ділянках, спостерігалась істотна різниця, що в певній мірі обумовлено зменшеною вагою валка, та більшою пористістю. Це призведе до зменшення різниці вологості у верхніх та нижніх шарах валка. Згідно даних Сухорабова А.К., який порівнював вологість рослин у нижніх та верхніх шарах різної товщини валка, становлять для тонких валків 1,5 – 2,0%, а грубих – до 8%.

Отже, аналізуючи розмірні параметри валка при використанні експериментальної машини дозволить зменшити вплив валка на процес вологовіддачі, що в свою чергу призведе до зменшення втрат у вигляді відірваних вегетативних частин, за рахунок зменшення впливу робочих органів ворущилок.

Валок плющеної рослинної маси по відношенню до валка не плющеної висихає набагато гірше, що пояснюється більшою щільністю. Взавши до уваги цей недолік в експериментальній косарці-плющилці кожна пара роторів наділенаплющильною секцією, що призводить до декількох валків, які мають менші розміри і відповідно меншу щільність. Завдяки такому технічному рішенню при досягненні верхніх шарів валка вологості 45 – 47% у нижніх 50 – 52%, необхідно провести, в залежності від погодних умов, ворущіння.

#### **4.4 Визначення втрат, які виникають внаслідок впливу робочих органів косарок-плющилок**

Підтверджена загальна закономірність зростання втрат сухих речовин із збільшенням кількості технологічних операцій по обробітку валка та зниженням вологості маси.

Відомо, що механічні втрати при заготівлі люцерни на сіно в основному

відносяться до листя, як найціннішої частки корму. Згідно результатів досліджень Корольової Р.С. втрати листової маси, які виникають внаслідок контакту вальців косарки-плющилки із рослинами (люцерна) залежить від типу матеріалу вальців.

Так при обробітку металевими ребристими вальцями втрати становлять до 0,7 т/га, а при обробітку цієї ж культури обгумованими вальцями – 0,1 т/га.

Втрати листя також будуть і в рослинах, які не підлягають обробітку. Вони виникають внаслідок ворущіння сіна та згрібання і можуть досягати 47%, а то й більше від загальної ваги заготовленого сіна. Причиною втрат листків при сушінні бобових трав зумовлено нерівномірністю висихання стебел та листків. Так при досягненні стебла вологості 35 – 40%, вологість листків становить 15 – 20%.

Оскільки в експериментальному зразку робочим органом є еластична (гумова) стрічка, то згідно рекомендацій Корольової Р.С. втрати, які виникають зведенні до мінімуму.

При проведенні обробітку плющилкою експериментального зразка обробітку підлягає тільки половина стебла (верхня частина), яка має меншу жорсткість ніж прикоренева частина.

Максимальна щільність стебла на площення згідно досліджень у фазі заготівлі знаходиться в межах 5,9 – 7,7 кг/см<sup>2</sup> для прикореневої частини і 4,5 – 4,8 кг/см<sup>2</sup> для верхівки. Згідно отриманих даних різниця щільності у верхній частині та прикореневій становить в середньому – 2,0 кг/см<sup>2</sup>.

Оскільки для якісного обробітку необхідно надати більше зусилля робочим органам. Це призведе до більш м'якого впливу їх (вальців) на рослини, що зменшить втрати у вигляді відірваних вегетативних частин.

#### **4.5 Швидкість висушування люцерни в період заготівлі сіна**

В рослинах на корені вологість при нормальних умовах не знижується нижче допустимого рівня. Вміст води поповнюється з ґрунту, частково з повітря.



Вміст води в скошеній траві, якщо не враховувати змочування її опадами, не поповнюється. Тобто може проходити лише односторонній процес – втрата вологи. Чим менша вологість повітря, тим швидше проходить сушіння. Це пояснюється тим, що водопоглинаюча здатність повітря визначається величиною так званого водного дефіциту, або дефіцитом вологості повітря, який являє собою різницю між максимально можливою і фактичною пружністю водяної пари при даній температурі і тиску. Чим більша різниця між кількістю води, яку може втримувати повітря, і кількістю, яка вже міститься в ньому у вигляді водяних парів, тим з більшою швидкістю проходить сушіння скошеної трави на повітрі. Польові дослідження проводили в три етапи:

- перший: скошування при допомозі КС – 2,1 (без плющення);
- другий: скошування з одночасним плющенням при допомозі самохідної косарки-плющилки КПС – 5Г;
- третій: скошування з одночасним плющенням з допомогою експериментального зразка.

По мірі підсихання відбиралися зразки, які сортувалися по групам в залежності від діаметра стебла: грубі, середні та тонкі. Аналогічного для кожного етапу проведення досліджень. Згідно ГОСТ 27548 – 97 визначали вологовіддачу різних час тин стебла.

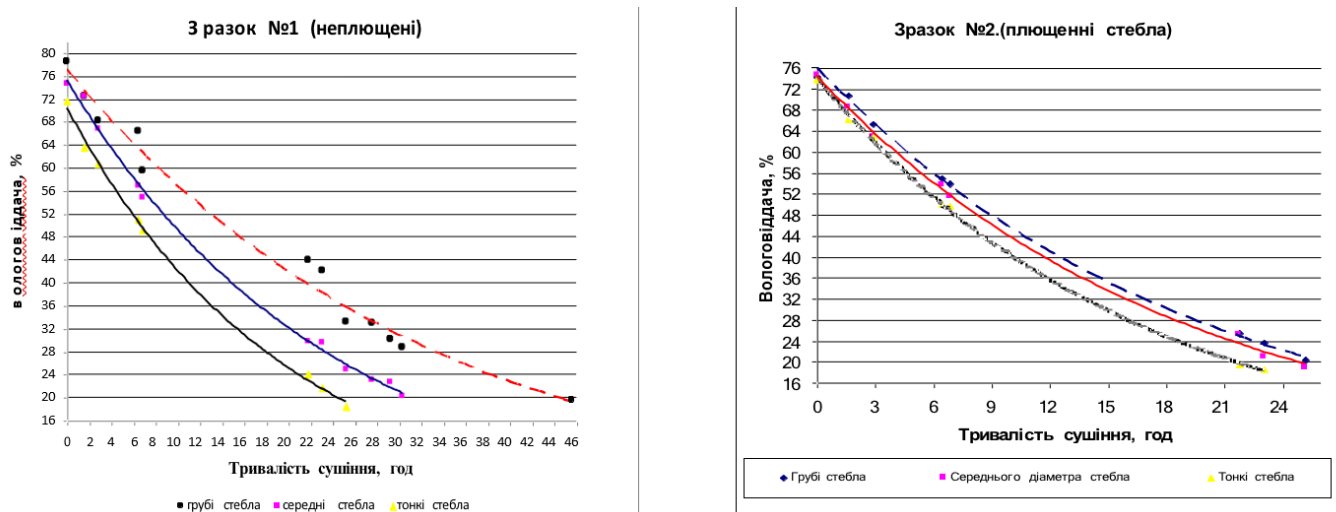


Рисунок 4.6 – Динаміка вологовіддачі різного діаметра стебел люцерни

скошених косаркою КС – 2,1(№1) та косаркою-плющилкою КПС-5Г (№2)

Аналізуючи криві динаміки вологовіддачі стебел оброблених косаркою-плющилкою КПС-5Г відмічено, що при якості плющення 80% буде дотримана умова зменшення терміну вологовіддачі, що представлено на рисунку 3.11 (зразок №2) та 3.12 (зразок №3). Але під час обробітку косарка-плющилка КПС – 5Г здійснює тільки надламування стебел. Тому проаналізуємо динаміку вологовіддачі тієї частини стебел, які були оброблені тільки частково.

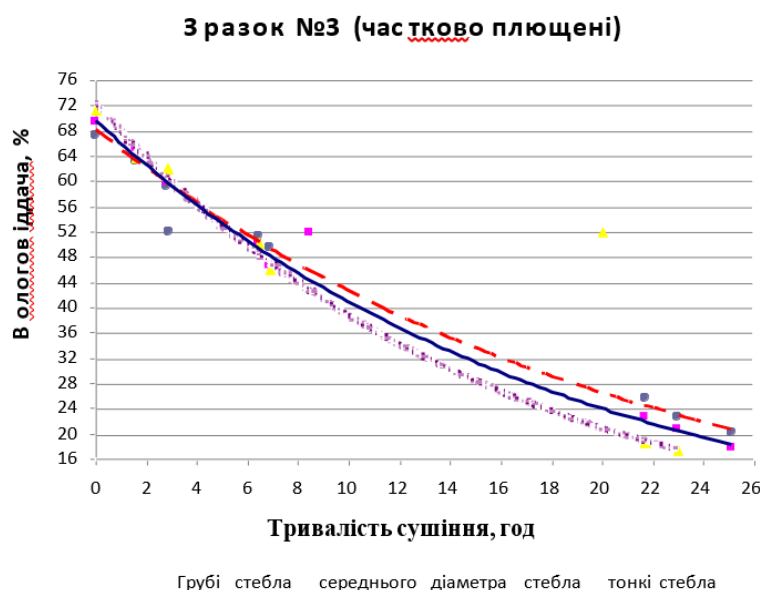


Рисунок 4.6 – Динаміка вологовіддачі різного діаметра стебел люцернискошених КПС – 5Г

Представлені динаміки вологовіддачі, описані по аналогії лабораторним дослідженням різних частин стебла, двома математичними функціями: перший період – лінійною, другий – експоненційною.

Представлені динаміки вологовіддачі, описані по аналогії лабораторним дослідженням різних частин стебла, двома математичними функціями: перший період – лінійною, другий – експоненційною.

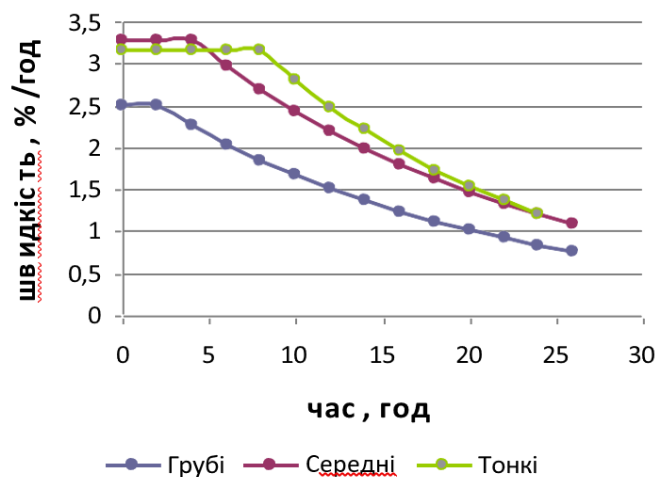


Рисунок 4.6 – Швидкість вологовіддачі частково плющених стебел різного діаметра відібраних із валка утвореного косаркою-плющилкою КПС-5Г

Аналізуючи швидкість вологовіддачі бачимо, що відібрані зразки повністю плющених стебел значно різняться із швидкістю вологовіддачі не плющених стебел, а значить значно пришвидшується висихання.

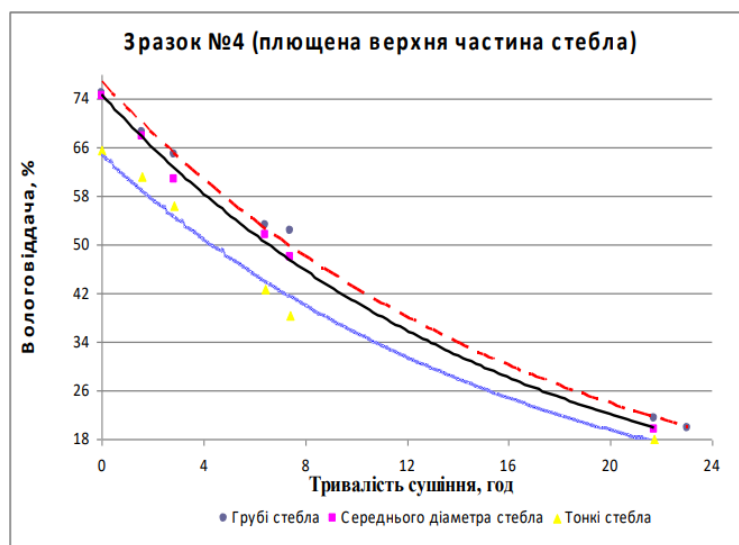


Рисунок 4.7 – Динаміка вологовіддачі зразка відібраного із ділянки, де скошування відбувалось при допомозі експериментальної косарки-плющилки

Така закономірність спостерігається при 100% плющених стебел. Проведемо спостереження за швидкістю вологовіддачі стебел, які під час проведення технологічного процесу були оброблені частково.

Отже, та частина стебел, яка оброблена частково - швидкість

вологовіддачі буде збільшена лише на 30%.

Проаналізуємо динаміку вологовіддачі стебел оброблених експериментальною косаркою-плющилкою.

При аналізі динаміки вологовіддачі стебел різного діаметра спостерігається також закономірність, як і в повністю плющеному стеблі при 80%-й якості.

При порівнянні швидкості вологовіддачі, а саме найкращого зразка (повністю плющенні стебла) видно, що найшвидше досягає вологості зберігання (18-22%) зразок оброблений при допомозі експериментальної косарки-плющилки. Тому необхідність у плющенні всього стебла відпадає.

## **Висновки**

Згідно результатів лабораторних досліджень відмічено, що сушіння люцерни супроводжується не тільки нерівномірністю вологовіддачі листків та стебла, а й різних частин стебла, які мають і різну початкову вологість. Різниця між прикореневою частиною та верхівкою в середньому становить 12,7%, яка і в подальшому впливає на процес вологовіддачі.

На інтенсивність вологовіддачі трав'яної маси впливають параметри валка, а саме його профіль, висота, ширина, щільність, що в свою чергу створює різні умови проходження потоку повітря через валок.

Зменшення розмірних параметрів призводить не тільки до зменшення терміну перебування трави у полі під час заготівлі кормів, а й зменшить вплив погодних умов під час заготівлі. Також зменшиться кількість проходів граблів-ворушилок, що в свою чергу призведе до зменшення: ущільнення ґрунту, тобто збереження врожайності; негативного впливу робочих органів ворушилок, тобто збереження найбільш цінних у кормовому відношенні частин рослини – листки та суцвіття.

За рахунок використання еластичних робочих органів (гума) втрати у вигляді відірваних частин рослин зведені до мінімуму.

При плющенні тільки верхньої частини необхідно надати зусилля вальцям  $4,5 - 4,8 \text{ кг/см}^2$ , що на порядок є меншим від зусилля, яке прикладають при плющенні цілого стебла. Це надає більш м'який вплив робочих органів на рослини, що призводить до зменшення втрат у вигляді відірваних частин (листіків та суцвіть).

Дослідження швидкості вологовіддачі стебел оброблених косаркою-плющилкою КПС-5Г показало, що при якості плющення 80% буде дотримана умова зменшення терміну вологовіддачі. Але під час обробітку косарка-плющилка КПС – 5Г здійснює тільки надламування стебел.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Робота на косарці плющилці вимагає деяких основних вимог і заходів безпеки. Основні з них можемо представити в такому вигляді.

Одяг та особистий захист: - завжди носити захисний одяг, який включає в себе капелюх, захисні окуляри або маску, відповідний одяг, щоб запобігти травмам та забрудненню.

Безпека у відношенні до обладнання: - перевірте, щоб косарка плющилка була в гарному стані та без видимих дефектів перед використанням. Регулярно підтримуйте та обслуговуйте обладнання відповідно до виробничих рекомендацій.

Робоче середовище: - перед початком роботи переконайтеся, що робочий середовище безпечно для вас та оточуючих. Уникайте роботи в небезпечних умовах, таких як сильний вітер або мокра трава.

Збереження відстані: - уникайте працювати близько від інших людей і тварин, після обладнання можна викидати об'єкти.

Правильна техніка роботи: - вивчіть правильну техніку роботи з косаркою плющилкою та дотримуйтеся її, включаючи правильний спосіб утримання та напрямку руху обладнання.

Робота з паливо-мастильними матеріалами: - використовуйте змащувальні матеріали, які рекомендовані виробником.

Зупинка обладнання: - перед обслуговуванням або ремонтом завжди вимикайте двигун та робочий інструмент.

Вимкнення у варіанті аварії: - якщо сталася аварія або ви втратили контроль над косаркою плющилкою, знову вимкніть двигун і переконайтеся, що обладнання зупинено перед подальшою дією.

Зберігання та транспортування: - зберігайте косарку плющилку в безпечному та сухому місці, де вона не буде доступна для неповнолітніх або неавторизованих осіб. Під час транспортування закріплюйте обладнання належним чином і використовуйте засоби безпеки, які передбачені для

транспортування обладнання.

Навчання та інструктаж: - перед тим як дозволити комусь працювати з косаркою плющилкою, переконайтеся, що вони отримали відповідне навчання та інструкцію з правил безпеки. Забороняється використовувати косарку плющилку під впливом алкоголю чи наркотичних речовин, після чого виникає ризик нещасних випадків.

Підготовка майданчика: - перед початком роботи на косарці плющильці переконайтеся, що майданчик вільний від перешкод, каменів, гілок та інших об'єктів, які можуть пошкодити обладнання або призвести до травми.

Зберігання інструкцій: - завжди майте при собі та дотримуйтеся інструкцій виробника, щоб правильно використовувати обладнання та дотримуватися правил безпеки.

Екологічна відповідальність: - дотримуйтеся екологічних норм та стандартів при видаленні обрізаного матеріалу або при роботі біля води або екологічно чутливих елементів.

Заходи безпеки для докільця: - використовуйте відповідні заходи безпеки, такі як регулювання обертової швидкості або використання відповідних аксесуарів, для зменшення викидів шкідливих речовин.

План дій при виникненні аварій: - розробіть план дій для цієї реакції у випадку аварії чи травми. Повідомте іншим про ваш пошук та знання про безпеку.

Вимоги до навколишнього середовища: - дотримуйтеся місцевих норм та вимог до використання газонокосарок плющилок у відповідних часових і шумових рамках.

Перевірка перед роботою: -перед початком роботи завжди перевіряйте стан косарки плющилки, включаючи стан ножів, ременів, гальм та газове обладнання. Розуміння особливостей робочого інструменту: - ознайомтеся з особливостями та обмеженнями конкретного косарки плющилки, включаючи розміри та можливості типу різання.

Запит на допомогу: - завжди маєте можливість швидко отримати

допомогу у разі потреби, повідомити кого-небудь про ваше розміщення та зберегти контактні дані для надання допомоги.

Регулярне обслуговування: - вкажіть час для регулярного обслуговування та технічного обстеження косарки плющилки згідно з інструкцією виробника, щоб забезпечити її безперебійну роботу та тривалий термін служби.

Відсутність дітей та тварин: - не допускайте дітей чи домашніх тварин до робочого обладнання під час його роботи, щоб уникнути травм та нещасних випадків.

Продуманий розклад робіт: - плануйте роботу з косаркою плющилкою відповідно до погодних умов і технічних вимог, щоб забезпечити ефективну та безпечну роботу.

Видача відходів: - правильно видаляйте обрізаний матеріал, слідкуючи за місцевими екологічними правилами. Використовуйте відповідні контейнери та місця для збору та видалення трав та інших відходів.

Спостереження за температурою: - працюючи з косаркою плющилкою, слідкуйте за температурним режимом двигуна та обладнання, особливо в гарячий чи сонячний день, щоб уникнути перегріву.

Реагування на зміни в умовах роботи: - у разі зміни погодних умов, стану газону або інших факторів, які впливають на роботу косарки плющилки, відповідайте на ці зміни швидко та адекватно, щоб підтримати безпеку.

Резервні запаси та інструменти: - майте при собі резервні запаси, запас інструментів та матеріалів для невеликих ремонтів та обслуговування косарки плющилки під час роботи.

Навчання та підвищення кваліфікації: - регулярно підвищуйте свою кваліфікацію роботи з косаркою плющилкою, а також навчайтеся новим технікам та рекомендаціям щодо безпеки від фахівців та інших досвідчених користувачів.

Контроль за шумом: - використовуйте відповідні засоби захисту від шуму, такі як навушники або вушні протектори, особливо при тривалій роботі



з косаркою плющилкою, щоб захистити слух.

Утримання етикету та правил спілкування: - завжди бути ввічливим і важливим для інших людей, які можуть перебувати поблизу. Розділяйте простір та уникайте конфліктів.

Підготовка до роботи в автономному режимі: - якщо ви плануєте працювати на значній відстані від господарства, завжди майте при собі достатню кількість палива, запасну електроніку, інструменти та невеликі запасні частини для швидкого ремонту.

Запит на консультацію фахівця: - у разі сумніву, запитайте поради від фахівців або виробників косарок плющилок, щоб вирішити питання безпеки та технічні питання.

Моніторинг стану здоров'я: - ретельно слідкуйте за своїм здоров'ям і, якщо ви виявите ознаки незвичайного стану або травми, припините роботу та надайте собі необхідну медичну допомогу.

## **Висновки**

Ці вимоги призначені забезпечити безпеку та ефективність роботи з косаркою плющилкою. Пам'ятайте, що дотримання правил безпеки та навчання інших користувачів їх важливо для запобігання травм і аварій під час роботи з цим обладнанням.

Додаткові вимоги та рекомендації повністю вам будуть максимально підготовленими та впевненими в безпеці під час роботи з косаркою плющилкою. Не забувайте, що безпека завжди на першому місці, і дотримання цих правил може уникнути травм та аварій.

Ці вимоги є загальними рекомендаціями і можуть варіюватись у залежності від конкретного типу косарки плющилки та місцевих законів і правил безпеки. Слідкуйте за інструкціями виробника та проконсультуйтеся з фахівцем, якщо у вас виникнуть питання або сумніви щодо безпеки роботи на косарці плющилки.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Для того, щоб визначити термін окупності модернізації техніки та оцінити очікувані економічні вигоди від її впровадження, необхідно розрахувати техніко-економічні показники для порівняння еталонних результатів з проектними.

Таблиця 6.1- Вихідні дані до розрахунків

| № | Показник                           | Розмірність | Технологічна машина |               |
|---|------------------------------------|-------------|---------------------|---------------|
|   |                                    |             | серійна             | модернізована |
| 1 | Обсяг роботи                       | га          | 200                 | 200           |
| 2 | Продуктивність                     | га/год.     | 2,5                 | 1,2           |
| 3 | Витрати ПММ                        | кг/га       | 10,7                | 5,3           |
| 4 | Вартість:                          | грн.        |                     |               |
|   | - трактора                         |             |                     | 400000        |
|   | - косарки                          |             | 616000              | 75000         |
|   | - всього                           |             | 616000              | 475000        |
| 5 | Кількість обслуговуючого персоналу | чол.        | 1                   | 1             |

Виконуємо порівняння застосувавши стандартну методику

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = 200/2,5 = 80 \text{ год.} & K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = 200/1,2 = 166,7 \text{ год.} & (6.1)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 80 \cdot 1 = 80 \text{ год.} & V_{\text{П}} = 166,7 \cdot 1 = 166,7 \text{ год.} & (6.2)
 \end{array}$$

Платня заробітна

$$\Pi = \frac{C_{\text{T}}}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (6.3)$$

де:  $C_{\text{T}}$ , грн/год;

$K_1 = 1,2$  – коеф.

$K_2 = 1,375$  – коеф.

Б

$$\Pi = 50/2,5 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 33$$

П

$$\Pi = 50/1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 68,75$$

Відрахування амортизаційні

Б

Тр.: -

П

$$\text{Тр.: } A_{\text{ТР}} = 400000 \cdot 25/100 \cdot 1000 \cdot 1,2 = 83,4$$

Б

$$\text{К.: } A_{\text{М}} = 616000 \cdot 15/100 \cdot 360 \cdot 2,5 = 102,66$$

П

$$\text{К.: } A_{\text{М}} = 75000 \cdot 15/100 \cdot 360 \cdot 1,2 = 26,04$$

Всього:  $A_{\Sigma} = 102,66$  грн/га

$$A_{\Sigma} = 83,4 + 26,04 = 109,44 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ

Б

$$V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 10,7 = 642 \text{ грн./га}$$

П

$$V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 5,3 = 318 \text{ грн./га}$$

Витрати на ЗБ, ПР, ТО

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \quad (6.4)$$

де:  $B_{\text{Б}}$ , грн;

Б

Тр.: -

П

Тр.:  $V_{TP} = 400000 \cdot (11+8+0,2)/100 \cdot 166,7 \cdot 1,2 = 383,9$  грн./га

Б

К.:  $V_M = 616000 \cdot (8+0,2)/100 \cdot 80 \cdot 2,5 = 252,56$  грн./га

Б

К.:  $V_M = 75000 \cdot (8+0,2)/100 \cdot 166,7 \cdot 1,2 = 30,74$  грн./га

Всього по агрегатам:

$$B = 252,56 \text{ грн/га}$$

$$B = 252,56 + 30,74 = 283,3 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Б

$$E_B = 33 + 102,60 + 642 + 252,56 = 1030,16 \text{ грн/га}$$

П

$$E_B = 68,75 + 109,44 + 318 + 283,3 = 779,49 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Б

П

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 1030,16 \cdot 200 = 206032 \text{ грн.} \quad E_{\Sigma} = 779,49 \cdot 200 = 155898 \text{ грн.}$$

Тр:  $K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} -$

Б

$$K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = 400000/200 = 2000 \text{ грн./га} \quad \text{П}$$

$$\text{К.:} \quad K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = 616000/200 = 3080 \text{ грн./га} \quad \text{Б}$$

$$K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = 75000/200 = 375 \text{ грн./га} \quad \text{П}$$

Всього:

Б П

$$K_B = 3080 \text{ грн/га} \quad K_B = 2000 + 375 = 2375 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Б

$$П_B = 1030,16 + 0,15 \cdot 3080 = 1492,16 \text{ грн./га}$$

П

$$П_B = 779,49 + 0,15 \cdot 2375 = 1135,74 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Б

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CE3} = 1492,16 \cdot 200 = 298432 \text{ грн.}$$

П

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CE3} = 1135,74 \cdot 200 = 227148 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 298432 - 227148 = 71284 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проекту

| №  | ПОКАЗНИКИ   | Варіант                                  |   |
|----|---|--|---|
|    |   | базовий                                  | проект                                    |
| 1  | Вид роботи  | скошування + плющення                    |   |
| 2  | Об'єм роботи, га  | 200                                      | 200                                       |
| 3  | Склад агрегата:<br>трактор<br>косарка   | -<br>КПС-5Г                              | МТЗ-80<br>КП-2,1                          |
| 4  | Продуктивність, га/год  | 2,5                                      | 1,2                                       |
| 5  | Кількість нормо-годин у обсязі робіт  | 80                                       | 166,7                                     |
| 6  | Кількість обслуговуючого персоналу<br>-тр.-маш.<br>-доп. пр.  | 1<br>-                                   | 1<br>-                                    |
| 7  | Витрати праці, люд.·год/га  | 80                                       | 166,7                                     |
| 8  | Тарифний розряд роботи  | V  | V   |
| 9  | Тарифна ставка, грн/год   | 50                                       | 50  |
| 10 | Норма витрати пального, кг/га   | 10,7                                     | 5,3                                       |
| 11 | Балансова вартість, грн:<br>трактора<br>машини  | -<br>616000                              | 400000<br>75000                           |
| 12 | Комплексна ціна ПММ, грн/кг   | 60                                       | 60  |
| 13 | Експлуатаційні витрати, грн/га (грн)<br>у тому числі:<br>а. Основна і додаткова заробітна плата<br>б. Амортизаційні відрахування:<br>-всього<br>в. Витрати на ПММ<br>г. Витрати на ТО, ПР, зберігання,<br>-всього | 1030,16<br>33<br>102,60<br>642<br>252,56 | 779,49<br>68,75<br>109,44<br>318<br>283,3 |
| 14 | Приведені затрати, грн/га<br>На весь обсяг роботи, грн  | 1492,16<br>298432                        | 1135,74<br>227147                         |
| 15 | Річний економічний ефект, грн   |  | 71284                                     |
| 16 | Строк окупності, років  |  | -   |

Додаткові капітальні вкладення відсутні, враховуючи те, що вартість модернізованої машини нижча.

## **Висновки**

Розрахунок техніко-економічних показників, показав, що запропонована конструкція вирівнювача дозволяє знизити експлуатаційні витрати по зрівнянню з базовою, при цьому річний економічний ефект її застосування складе 71284 грн. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

Як показують розрахунки, спроектований агрегат має хорошу ефективність і його можна рекомендувати до впровадження.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Заготівля сіна – найбільш старовинний спосіб консервування трав. За багаторічну історію існування цього способу розроблено значну кількість технологій, які дозволяють заготовляти сіно в розсипному, пресованому та подрібненому вигляді. При проведенні аналізу технологій видно, що невід’ємним етапом кожної із них є часткове або повне висушування трави у полі. Тривале перебування якої, призводить до втрат. Розміри яких зростають із збільшенням тривалості польового сушіння.

2. Розроблено ряд способів прискорення вологовіддачі рослинами, особливо у бобових культур. Одним із ефективних способів зменшення втрат є плющення скошених рослин. При проведенні цієї операції також усувається нерівномірність висихання стебел та листків.

3. Проведений аналітичний огляд конструктивних рішень існуючих плющильних апаратів, який показав недоліки, що впливають із-за якості проведення технологічного процесу.

4. Лабораторно-польові дослідження показали про нерівномірність розподілу вологи у стеблі люцерни. Як виявилось найбільша кількість вологи і найповільніше висихає верхня половина стебла. Тому необхідність у плющенні усього стебла відпадає. Це призведе до зменшення втрат у вигляді відірваних частин рослин, внаслідок більш м’якого впливу робочих органів.

5. Досліджено вплив валка на зменшення терміну перебування трав’яної маси та впливу робочих органів ворушилок.

6. Проведенні теоретичні дослідження дозволили визначити конструктивну схему нового типу плющильного апарату, який буде плющити верхню половину стебла люцерни та зменшить геометричні параметри валка

7. Ніхто не сумнівається, що охорона праці не буде ефективною без жорсткого державного контролю. У зв'язку з цим значно підвищується роль Національної комісії з нагляду за охороною праці, яка здійснює комплексне управління охороною праці в країні. Основою політики повинні бути три



непорушні істини: роботодавець має бути переконаний у необхідності безпеки праці; роботодавець повинен знати методи реалізації цих заходів; Жодна компанія не повинна отримати користь від заходів з охорони праці.

Розрахунок техніко-економічних показників, показав, що запропонована конструкція вирівнювача дозволяє знизити експлуатаційні витрати по зрівнянню з базовою, при цьому річний економічний ефект її застосування складе 71284 грн. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Энергозберігаючі технології заготівлі та використання кормів / М.Ф. Кулик, В.В. Хіміч, В.Ф. Сіроштан та інші. – К.: Урожай, 1987. – 160с.
2. Гарькавий А.Д., Камінський М., Кондратюк Д.Г. Методи активного вентилування. //Механізація сільського господарства. – 1988. - №5.–С.22
3. Заготівля та консервування зелених кормів. / Б.С. Воробйов, В.Д. Судай, Л.С. Прокопенко та інші. – К.: Урожай. 1987. – 168с.
4. Ясенецький В.А., Осьмак В.Я. Индустриальная технология кормопроизводства. – К.: Урожай, 1984. – 216с.
5. Ляшко В.А. Комплекс машин для заготовки с образованием рулонов. – Алма – Ата: 1978. – 48с.
6. Заготовка сена траншейным способом./ Рекомендации ГосагропромаУССР. – Вып. I. Киев. – 1989. – 1с.
7. Негримовский М. Гранулирование листьев бобовых трав.//Корма. – 1973. - №3. – С.49 – 41.
8. Мартиненко И.И., Беженарь Г.С.Особенности процесса обработки массы зелёных кормов переменным электрическим током. - Механизация сельскохозяйственного производства. Киев. 1979. Научные труды УСХА. Выпуск 224. Под ред. Назаренка Н.А.
9. Анализ условий плющения стеблей люцерны. Mikulik J. Rorbor podminekmackoni (Lamani) Lagyh Woitesky, «Zeneed, techn». 1969, 15, №10 – 11, S.607 –612. (Чехия).
10. Eberhardt M.,Eichelbaum H.,Technische und technologische Vergleichsuntersuchungen bieder Heubergung.//Deutsche Agrartechnik.- 1964. - №5. – S. 34 – 37.
11. Беженарь Г.С.//Условия обработки кормовых трав электрическим током на плющильных вальцах. – Механизация сельскохозяйственного производства. Киев. 1979. Научные труды УСХА. Выпуск 224. Под ред.

Назаренка Н.А.

12. Ясенський В.А. Інтенсифікація процесу сушіння (пров'ялювання) траву полі//Техогляд, 1997, №6. - С.8 – 9.

13. Довідник з механізації кормовиробництва/За ред. В.Ю. Поєдинка. – К.:Урожай, 1980. – 216с.

14. Дзюбенко Н.И. Генетические основы повышения продуктивности кормовой массы у люцерны / Перша всеукраїнська (міжнародна) конференція «Корми і кормовий білок». - Вінниця: 1995. - С. 10-11.

15. Рустамов С.И. Физико – механические свойства растений и совершенствование режущих аппаратов уборочных машин. – Киев. – Донецк: Выща школа. Головное издательство, 1981. – 172 с.

16. Василенко Г.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – Киев, Изд. УАСХН, 1960. – С.239–260.

17. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів та автомобілів / І.І Водяник. – К.: Урожай, 1994. – 224 с.

18. Войтюк Д. Г. Оптимизация комплексов машин и структуры МТП с применением ЭВМ / Д. Г. Войтюк, И. И. Мельник, В. Д. Гречкосей. – К. : УСХА, 1986. – 62 с.

19. Довідник агронома / Упоряд. В. А. Конюх та. : За ред. Л. Л. Зіневича. – К. : Урожай, 1990. – 672 с.

20. Економічний довідник аграрника. В.І. Дробот, Г.І. Зуб, М.П. Кононенко та ін. / За ред. Ю.Я. Лузана, П.Т. Каблука. – К.: „Преса України”, 2003.– 800с.

21. Кобець А.С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.М. Пугач. – Дніпропетровськ: «Свидлер А.Л.», 2011. – 140 с.

22. Куценко А. М. Агроекологія / А. М. Куценко, В. М. Писаренко, О. І. Ющенко. – К. : Урожай, 1995. – 256 с.

23. Лехман С. Д. Запобігання аварійності та травматизму у сільському господарстві / С. Д. Лехман, В. І. Рубльов, Б. І. Рябцев. – К.: Урожай, 1993. – 272 с.
24. Луценков В.Л. Критерії оцінки виробничих небезпек / Луценков В.Л., Бутко Д.А., Воїнов М.Т. – Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1996. – 224 с.
25. Машиновикористання в землеробстві. За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
26. Павліський В.М. Проектування технологічних систем рослинництва / В.М. Павліський, Ю.П. Нагірний, І.І. Мельник. – Тернопіль: Збруч, 2003. – 264 с.
27. Практикум із Машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. Мельника. – К.: Кондор. – 2004. – 284 с.
28. Справочник по експлуатації машинотракторного парка. – В.Е. Ільченко, П.И. Карасев, А.С. Лимонт, О.В. Макаров и др. – К.: урожай, 1987. – 368 с.
29. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П.Т. Саблука. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 402 с.
30. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472с.
31. Типові норми виробітку і витрачання палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві. – К.: Урожай, 1987. – 416с.
32. Говорун А. Г. Трансопрт і навколишнє середовище / А. Г. Говорун, В. Ф. Скорченко, М. М. Худолій. – К. : Урожай, 1992. – 144 с.
33. Хоменко М.С. Механизация противоэрозионной обработки почвы / М.С. Хоменко, Н.Н. Нагорный, В.А. Зыряков. – К.: Урожай, 1985. – 100 с.

## ДОДАТКИ