

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

ПЕТРОВ ЮРІЙ ВІКТОРОВИЧ

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОСАРОК-ПЛЮЩИЛОК ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ**

**Кваліфікаційна робота
за спеціальністю 015.37 «Професійна освіта»
освітньо-професійна програма «Аграрне виробництво, переробка
сільськогосподарської продукції та харчові технології»**

Особистий підпис – _____ Ю. В. Петров

Науковий керівник –  _____ к.т.н., доцент, Д. В. Савенок
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

Зав. кафедри –  _____ к.п.н., доцент, В. В. Бурдун
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

Затверджую:

Декан факультету технологій та
інформаційних систем

 Могильний Г.А.

**Індивідуальний план здобувача вищої освіти
щодо виконання кваліфікаційної роботи**

1. Петров Юрій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
2. Факультет технологій та інформаційних систем
3. Спеціальність «Професійна освіта. Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології»
4. Кафедра професійної освіти ресторанного і туристичного бізнесу
5. Науковий керівник Савенок Дмитро Валерійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Оптимізація параметрів косарок-плющилок для підвищення якості заготівлі сінажу
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

<i>№</i>	<i>Заходи</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Відмітка про виконання</i>
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми й керівника.	10.10.2025	
2.	Розробка плану роботи, визначення мети, завдань, об'єкту, предмету, методів дослідження.	14.11.2025	
3.	Робота над теоретичною частиною кваліфікаційної роботи, аналіз літературних джерел.	05.12.2025	

4.	Подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи для першого читання науковим керівником.	19.12.2025	
5.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи на друге читання.	16.01.2026	
6.	Розробка технологічної і конструкторської частин роботи. Поетапний аналіз та обговорення результатів дослідної роботи.	30.01.2026	
7.	Подання першого варіанта дослідної частини кваліфікаційної роботи на перевірку науковому керівникові.	20.02.2026	
8.	Урахування рекомендацій наукового керівника, збагачення роботи додатковими дослідженнями, проведеними під час практики, підготовка варіанта роботи до попереднього захисту роботи на кафедрі.	06.03.2026	
9.	Попередній захист роботи на кафедрі.	20.03.2026	
10.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій після попереднього захисту роботи на кафедрі.	03.04.2026	
11.	Подання кваліфікаційної роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку й рецензії.	17.04.2026	
12.	Подання на кафедру остаточного варіанта кваліфікаційної роботи, підписаного випускником, науковим керівником і рецензентом.	08.05.2026	

Здобувач вищої освіти _____ **Петров Ю. В.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  _____ **Савенок Д. В.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Оптимізація параметрів косарок-плющилок для підвищення якості заготівлі сінажу» виконана на 60 сторінках пояснювальної записки з використанням 20 літературних джерел.

В роботі зосереджено увагу на таких питаннях:

- розглянуто технологічні та агротехнічні вимоги до процесу заготівлі трав;
- обґрунтовано конструктивні особливості різальних апаратів кормозбиральних машин;
- проаналізовано технічні засоби, що призначені для здійснення процесу скошування трави методом її плющення;
- представлено сучасні конструктивні рішення косарок-плющилок.

Оптимізація параметрів косарок-плющилок є важливим напрямом сучасної агротехніки, оскільки безпосередньо впливає на ефективність заготівлі сінажу та збереження його поживних властивостей. Вибір та налаштування таких параметрів, як швидкість обертання валків, відстань між ними, режим подачі рослинної маси та швидкість руху агрегату, визначає рівномірність подрібнення, ступінь плющення стебел та якість пресування кормової маси.

Таким чином, удосконалення косарок-плющилок щодо оптимізації параметрів їх роботи має не лише наукове, а й практичне значення, сприяючи підвищенню продуктивності та рентабельності сільськогосподарського виробництва, а також якості кормів, що безпосередньо впливає на здоров'я та продуктивність тварин.

Ключові слова: ріжучий апарат, косарка-плющилка, заготівля сінажу, механічне пошкодження рослин, оптимізація технологічного процесу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНИЙ	7
1.1 Технологічні та агротехнічні вимоги до процесу заготівлі сіна	7
1.2 Аналіз способів та технологій приготування сіна та сінажу	11
1.3 Використання хімічних та біологічних консервантів під час заготівлі кормів.....	17
Висновки до розділу I.....	21
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	22
2.1 Аналіз конструкцій та роботи різальних апаратів кормозбиральних машин.....	22
2.2 Технічні засоби для здійснення процесу скошування трав методом її плющення	26
2.3 Технологічний процес заготівлі сінажу з бобових культур.....	32
2.4 Вплив швидкості руху трактора та робочого органа на якість заготівлі сінажу.....	34
Висновки до розділу II.....	38
РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	39
3.1 Конструктивне рішення по удосконаленню косарки-плющилки.....	39
3.2 Розрахунок параметрів удосконаленої косарки-плющилки	45
3.3 Аналіз умов подачі рослинної маси у зону плющення	48
Висновки до розділу III	51
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
4.1 Потенційні ризики та заходи безпеки під час виконання робіт із заготівлі сіна.	52
4.2 Контроль справності техніки та дотримання правил безпечної експлуатації	53
4.3 Використання засобів індивідуального захисту в агротехнічній сфері .	55
Висновки до розділу IV	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	60

ВСТУП

Сучасне тваринництво неможливо уявити без забезпечення високоякісних кормів, які мають значний вплив на продуктивність тварин та економічну ефективність агропідприємств. Одним із основних способів заготівлі грубих і соковитих кормів є виробництво сінажу, що передбачає консервацію зелених кормових мас із мінімальними втратами поживних речовин.

Висока якість сінажу визначається не лише правильним підбором сортів рослин та термінів їх скошування, а й ефективністю використаних технічних засобів, серед яких особливе місце займають косарки-плющилки.

Косарки-плющилки виконують дві важливі функції: скошування рослинної маси та її механічне плющення, що сприяє прискореному в'яненню, зменшенню втрат цукрів та підвищенню рівня збереження поживних речовин. Проте ефективність цих агрегатів значною мірою залежить від оптимальних параметрів роботи: швидкості руху, відстані між вальцями, кута різання та інших регулювань, які впливають на якість подрібнення та травлення рослинної маси.

У зв'язку з цим актуальним завданням сучасної агротехніки є оптимізація параметрів косарок-плющилок для забезпечення максимальної якості заготівлі сінажу. Раціональне налаштування та вдосконалення робочих органів цих машин дозволяє не лише підвищити кормову цінність сінажу, а й зменшити енергетичні та матеріальні витрати на його заготівлю.

Метою даної роботи є удосконалення косарок-плющилок та виявлення впливу основних параметрів на якість сінажу та визначення оптимальних умов їх експлуатації, що дозволить підвищити ефективність технологічного процесу заготівлі кормів у сучасному сільському господарстві.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Технологічні та агротехнічні вимоги до процесу заготівлі сіна

Збирання трав є одним із найважливіших етапів у технологічному процесі виробництва кормів, оскільки саме від дотримання агротехнічних вимог залежить якість і поживна цінність отриманої зеленої маси, сіна чи сінажу. Агротехнічні вимоги зосереджені на правильному виборі строків заготівлі, врахуванні біологічних особливостей трав та умов ґрунтово-кліматичного середовища. Наприклад, заготівля трав у фазі бутонізації або початку цвітіння дозволяє зберегти максимальну поживну цінність та баланс протеїнів, клітковини та вуглеводів.

До основних агротехнічних вимог належать своєчасність проведення збирання, правильний вибір строків косовиці, висоти скошування, технічного стану машин та оптимальних режимів їх роботи. Недотримання цих вимог призводить до значних втрат урожаю, зниження вмісту протеїну та інших поживних речовин у кормі. Основним джерелом кормів для сільськогосподарських тварин є продукція рослинного походження. До таких кормів належать грубі, соковиті, зелені, концентровані види кормів, а також побічні продукти технічних виробництв. Їхній хімічний склад і поживна цінність залежать від природно-кліматичних та ґрунтових умов, рівня агротехнічного догляду, фази вегетації під час збирання, а також від дотримання технології заготівлі та умов зберігання.

Для забезпечення тварин кормами широко використовують трав'янисті рослини (кормові трави), які заготовляють у вигляді сіна, силосу, сінажу, зеленого корму, трав'яного борошна, пасти або зерна. Вибір способу заготівлі кормів залежить від природно-кліматичних особливостей регіону, господарських умов, урожайності, площ посівів, а також виду і кількості тварин у господарстві.

У сучасній практиці кормовиробництва застосовуються такі основні методи заготівлі трав і силосних культур:

1. Заготівля розсипного сіна. Процес включає скошування трав, підсушування у покосах, ворушіння, згрібання у валки, перевертання, підбирання валків для формування копиць, транспортування до місць зберігання та укладання у стоги або скирти. Цей метод найбільш поширений у невеликих фермерських господарствах.

2. Заготівля пресованого сіна. Це більш прогресивна технологія, при якій трава після скошування, підсушування та згрібання у валки підбирається і одночасно пресується у тюки. Оптимальна вологість сіна при цьому не перевищує 25 %. Залежно від умов, тюки можуть досушуватись у полі або транспортуватися до місць зберігання для подальшого вентилязованого сушіння у штабелях.

3. Збирання трав'яних і силосних культур із подрібненням. Силос, сінаж та трав'яне борошно виготовляють із подрібненої рослинної маси. Для одержання силосу скошену та подрібнену зелену масу закладають у спеціальні траншеї або силосні башти, де перед герметизацією її ретельно ущільнюють.

Під час збирання трав необхідно дотримуватись установлених агротехнічних норм і вимог.

Перший укіс бобових трав слід проводити у фазі бутонізації, лучних на початку цвітіння, а злакових у період появи колосків. Тривалість косовиці зазвичай становить 5–7 днів, а на низинних луках, заплавах і болотистих ділянках 7–10 днів. Під час косіння потрібно забезпечувати оптимальну висоту зрізу: для природних трав степової зони 4,0–4,5 см, для лісолучної та лісостепової зон 5–6 см. Отаву осіннього укусу зрізають на висоту 6–7 см, а сіяні багаторічні трави 7–9 см.

Для природних сіножатей і багаторічних трав лісової зони висота зрізу при першому укусі має становити 5–6 см, а при другому 6–7 см. Якщо ж багаторічні трави скошують для отримання насіння, висоту зрізу доцільно

збільшити до 8–9 см. У разі скошування лугових сіяних трав першого року висота зрізу повинна бути не меншою за 10–12 см, тоді як однорічні трави та їх суміші скошуюють на висоті 4–6 см.

Важливо пам'ятати, що перевищення рекомендованої висоти зрізу призводить до зменшення врожайності, а занадто низьке косіння негативно впливає на подальше відростання трав і збереження травостою. Відхилення висоти зрізу по довжині різального апарата не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см. Необхідно забезпечити рівномірний і повний зріз, уникаючи виривання рослин із ґрунту та потрапляння кореневої системи в скошену масу.

Сумарні втрати при косінні трав, пов'язані зі збільшеною висотою зрізу, не зрізаними рослинами та іншими факторами, не повинні перевищувати 2%. Середня висота трав становить 40–80 см, а урожайність 0,5–3 т/га залежно від природно-кліматичної зони. Кількість стебел на 1 м² зазвичай коливається в межах 10^3 – 10^4 . Основні технологічні операції при заготівлі кормів (сіна, сінажу, силосу) включають: скошування трав у покоси або розширені валки (з плющенням чи без нього), згрібання, перевертання валків, підбирання сіна з валків з подальшим пресуванням у тюки або рулони, підбирання пров'яленої трави з одночасним подрібненням при заготівлі сінажу, а також скошування з подрібненням під час заготівлі силосу. Для виконання зазначених технологічних процесів використовують різні види кормозбиральної техніки (рис. 1.1): косарки, ворушилки, валкоутворювачі, прес-підбирачі, кормозбиральні комбайни та візки-підбирачі.

Жорсткість стебел $EL = 49 \dots 646 \text{ Н см}^2$. Робота, що витрачається на зрізання стебел з площі 1 м², за даними академіка М. А. Карненко, складає для зернових 98–196 Дж / м², для трав - 196...294 Дж / м². Робота, необхідна для зрізання одного стебла, становить 2,26 Дж / с.

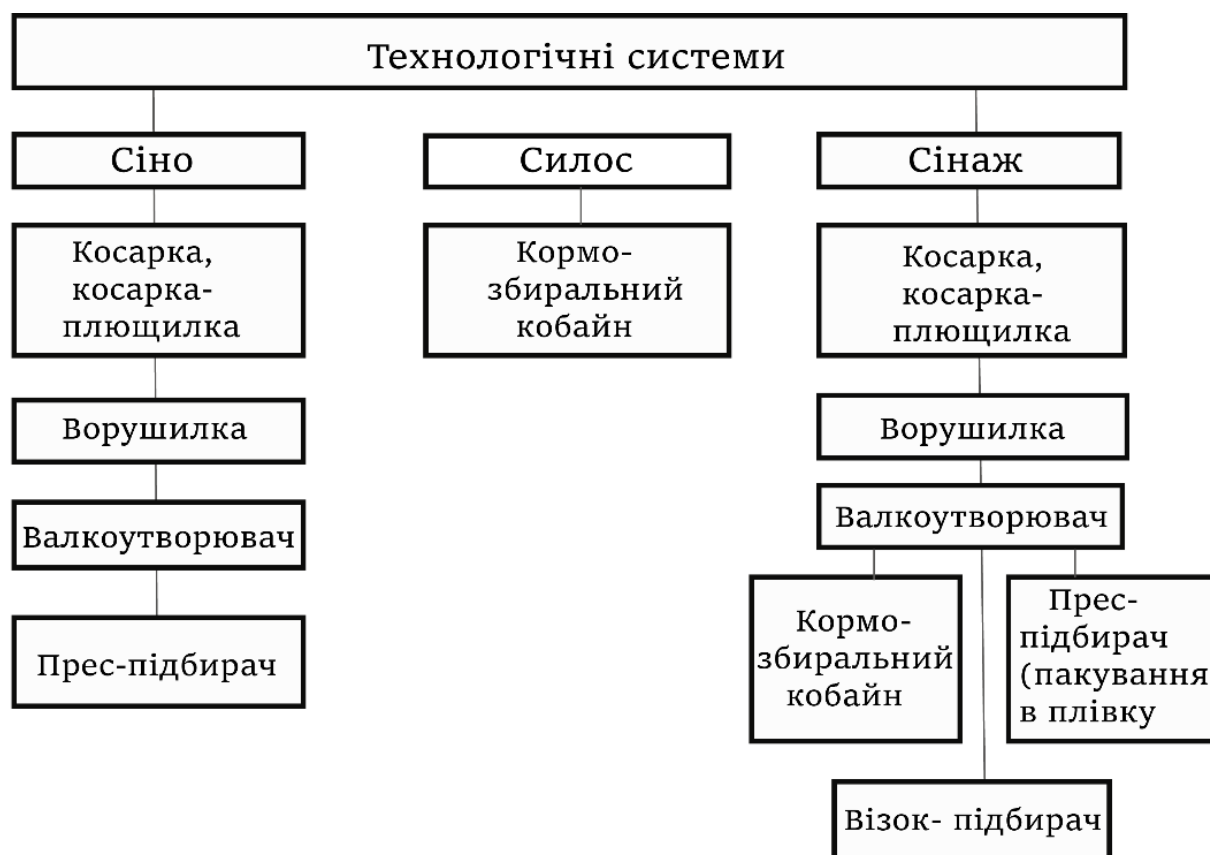


Рис. 1.1. Технологічні системи кормозбиральних машин.

Оптимальними строками скошування є такі періоди, які забезпечують отримання сіна з високим вмістом протеїну та каротину. Для злакових трав найкращим є етап колосіння до початку цвітіння, для бобових період бутонізації, а для природних травостоїв фаза початку цвітіння.

Занадто низький зріз трав призводить до зниження їх здатності до відновлення, тоді як надмірно високий зріз зумовлює втрату частини врожаю. У лісолуговій зоні оптимальна висота зрізу для природних сіножатей становить 5–6 см, а для сіяних трав 8–10 см. Середня висота трав на момент скошування коливається в межах 40–80 см. Урожайність трав залежить від природно-кліматичної зони і становить у середньому 0,5–3 т/га. Кількість стебел на одному квадратному метрі варіюється в межах 1000–10000. Детальна характеристика травостою наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Агробіологічна характеристика травостою

Культура	Діаметр стебел у площині зрізу, мм	Висота стебел, см	Густота травостою шт. на 1м ²	Вологість, %
Конюшина (фаза цвітіння)	4-5	30-40	2500	82,2
Багаття безостий (фаза косіння)	3-4	40-50	2500	74,1
Вівсяниця лугова (фаза косіння)	1,5-2,5	25-35	2500	66,1
Люцерна (фаза цвітіння)	4-5	35-40	1100	75,3
Тимофіївка (фаза колосіння)	3-4	50-60	1100	72,7

Отже, ефективність процесу збирання трав визначається комплексним підходом дотриманням агротехнічних вимог, застосуванням сучасної техніки та технологій, раціональною організацією робіт і своєчасною обробкою зібраної маси. Це дає змогу отримати високоякісні корми, зберегти врожай і підвищити продуктивність тваринництва.

1.2 Аналіз способів та технологій приготування сіна та сінажу

Вміст поживних речовин у сіні та сінажі значною мірою визначається ботанічним складом трав, а також своєчасністю їх заготівлі та тривалістю перебування скошеної маси на полі. При сприятливих погодних умовах і правильній організації збиральних робіт можна досягти високої якості кормів, застосовуючи економічно ефективні технології, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Нині основними методами заготівлі сіна є отримання його у розсипному, пресованому та подрібненому вигляді. Розглянемо технологічні схеми заготівлі кормів більш детально.

Технологія заготівлі розсипного сіна передбачає виконання комплексу послідовних операцій, спрямованих на отримання високоякісного корму з мінімальними втратами поживних речовин. Процес розпочинається зі скошування трав у фазі бутонізації або початку цвітіння, коли вміст протеїну та інших поживних елементів у рослинах є найвищим (рис. 1.2, а). Для скошування використовують косарки різних типів, що забезпечують рівномірне укладання маси у валки або розсипом по поверхні поля.

Після скошування траву підсушують природним способом під дією сонячної радіації та вітру. Для рівномірного висихання сіно періодично перевертають граблями-ворушилками (рис. 1.2, б), що сприяє зменшенню вологості до рівня, придатного для подальшого зберігання. Оптимальною вологістю сіна вважається 15–17%, за якої воно добре зберігається, не пліснявіє та не самозгрівається.



а



б



в



г

Рис. 1.2. Технологія заготівлі розсипного сіна: а – скошування трав; б – висушування природним шляхом та ворушіння; в - збирання у валки валкоутворювачем; г – збирання та транспортування.

Після досягнення необхідної вологості сіно збирають у валки (рис. 1.2, в). Формування валків сприяє подальшому підсушуванню сіна та полегшує його підбір прес-підбирачами чи навантажувачами. При цьому

важливо, щоб валки були рівномірними за щільністю та шириною, що забезпечує якісне провітрювання та мінімальні втрати поживних речовин.

Потім проводять підбирання та транспортування до місця зберігання. Для цього застосовують підбирачі, навантажувачі або спеціальні сінозбиральні причеми (рис. 1.2 г).

Розсипне сіно зберігають у скиртах або під навісами, де забезпечується захист від атмосферних опадів і вільна циркуляція повітря. Формування скирти здійснюють пошарово, рівномірно ущільнюючи кожен шар для зменшення об'єму та покращення умов зберігання.

Важливим етапом є правильна організація сушіння, адже надмірна вологість призводить до втрат поживних речовин, розвитку мікроорганізмів і самозігрівання сіна. Тому в деяких господарствах застосовують активне вентилування, коли сіно досушують потоком повітря, інколи підігрітого.

Загалом технологія заготівлі розсипного сіна спрямована на збереження максимальної кількості поживних речовин у кормі, зниження механічних втрат і забезпечення довготривалого зберігання без втрати якості.

Технологія заготівлі пресованого сіна (подрібненого) передбачає комплекс послідовних операцій, спрямованих на отримання високоякісного корму з мінімальними втратами поживних речовин. Процес починається з вибору оптимального часу скошування трав (рис. 1.3 а). Найкращим періодом є фаза бутонізації або початку цвітіння бобових та вихід у трубку злакових трав, коли вміст поживних речовин у рослинах є найвищим. Скошування проводять косарками, які забезпечують рівномірний зріз на висоті 5–7 см від поверхні ґрунту.

Після скошування траву залишають у прокосах або формують валки для підв'ялювання. У процесі підсушування під дією сонця та вітру вологість трави зменшується до 30–40%. Для прискорення сушіння застосовують ворушилки або граблі, які забезпечують рівномірне обертання маси та запобігають її перегріву чи запліснявінню. Коли вологість досягає

необхідного рівня, проводять згрібання трави у валки, придатні для підбирання прес-підбирачами (рис.1.3 б).



а

б



в

г

Рис. 1.3. Заготівля пресованого сіна: а – скошення трав; б – згрібання трави у валки; в – ущільнення трави у рулони або тюки; г – зберігання сіна.

Наступним етапом є пресування сіна. Для цього використовують рулонні або тюкові прес-підбирачі, які ущільнюють траву у компактні форми рулони або тюки (рис. 1.3 в). Пресування дозволяє зменшити об'єм сіна, полегшити транспортування і зберігання, а також зменшити втрати під час подальшого використання. Оптимальна вологість сіна під час пресування повинна становити 18-22%, оскільки надто вологий матеріал може спричинити самонагрівання та розвиток плісняви.

Після пресування рулони або тюки транспортують до місця зберігання. Їх розміщують під накриттям або в сінниках, що забезпечують захист від атмосферних опадів (рис. 1.3 г). При зберіганні на відкритому повітрі сіно накривають водонепроникною плівкою, залишаючи вентиляційні зазори для запобігання накопиченню вологи. За потреби рулони можна обгортати спеціальною поліетиленовою плівкою, що дозволяє зберігати сіно у вигляді силосованих тюків.

Таким чином, технологія заготівлі пресованого сіна охоплює скошування, підв'ялювання, ворущіння, згрібання, пресування, транспортування та зберігання. Правильне виконання кожного з цих етапів забезпечує отримання корму високої якості з мінімальними втратами поживних речовин і максимальною збереженістю вітамінів.

Заготівля сінажу є важливою складовою технології кормовиробництва, що забезпечує тварин високоякісним соковитим кормом у зимовий період. Основна мета цього процесу зберегти максимальну кількість поживних речовин зеленої маси шляхом консервування її в анаеробних умовах.

Для виробництва сінажу використовують переважно злаково-бобові суміші, конюшину, люцерну, горохо-вівсяну або кукурудзяну зелену масу, які скошують у фазі початку цвітіння або молочно-воскової стиглості зерна (рис. 1.4 а).

Після скошування масу підв'ялюють на полі до вологості 50-60%, що дозволяє зменшити ризик утворення маслянокислого бродіння та поліпшити умови зберігання (рис. 1.4 б). Підв'ялена маса збирається у валки, після чого її підбирають і транспортують до місця закладання.

Сінаж укладають у спеціальні сховища траншеї, башти або полімерні рукави. Під час закладання сировину ретельно утрамбовують, щоб видалити повітря та створити анаеробне середовище, необхідне для молочнокислого бродіння.

Після заповнення сховища поверхню маси накривають поліетиленовою плівкою або спеціальними герметизуючими матеріалами, які перешкоджають доступу повітря та втратам вологи (рис. 1.4 в). У перші тижні після закладання в масі активно проходять процеси бродіння, внаслідок яких утворюється молочна кислота, що консервує корм. Через 30–40 діб процес стабілізується, і сінаж набуває приємного запаху, зеленувато-коричневого кольору та злегка кислуватого смаку.



а



б



в

Рис.1.4. Технологія заготівлі сінажу: а – скошення люцерни у фазі бутонізації; б – прив'ялювання люцерни; в – зберігання сінажу.

Готовий сінаж зберігає до 80-85% поживних речовин вихідної зеленої маси, має високу кормову цінність і добре поїдається тваринами. Дотримання технологічних вимог при заготівлі сінажу підбір оптимальної фази скошування, правильне підв'ялення, ущільнення та герметизація забезпечує отримання якісного корму без втрат енергії та білка.

Порівняльний аналіз показує, що сіно є більш зручним у транспортуванні та довготривалому зберіганні, тоді як сінаж забезпечує вищу кормову цінність і кращу поїдання тваринами. Ефективне поєднання обох кормів у раціоні сприяє підвищенню продуктивності тварин і стабільності кормової бази господарства.

Отже, раціональний вибір технології заготівлі кормів, з урахуванням місцевих умов і технічних можливостей, є важливою складовою підвищення ефективності тваринництва та збереження якості протягом усього періоду зберігання.

1.3 Використання хімічних та біологічних консервантів під час заготівлі кормів

Консерванти є визнаним ефективним методом заготівлі кормів, що дозволяє в 2-3 рази зменшити втрати врожаю кормових культур (особливо в складних погодних умовах при збиранні та силосуванні) та гарантувати високу якість готових кормів.

Це дозволяє одночасно забезпечити стабільність кормової маси, підвищити її якість та безпеку для тварин, а також зменшити втрати поживних речовин під час тривалого зберігання. Важливо, що правильне використання консервантів вимагає дотримання норм дозування та умов застосування, оскільки перевищення допустимих концентрацій хімічних речовин може негативно впливати на здоров'я тварин та якість продуктів тваринного походження.

Використання консервантів збільшує річний вихід кормів на 15-20% порівняно зі звичайним силосуванням. В середньому, кожен кілограм консерванту додатково зберігає у силосі близько 10 ЕКО (енергетичних кормових одиниць) та 1 кг протеїну.

Це, в свою чергу, може дати додатково 6-10 кг молока або 1,5-2 кг приросту живої маси тварин. У таблиці 1.2. наведено способи застосування хімічних і біологічних консервантів під час заготівлі кормів.

Таблиця 1.2

Використання хімічних та біологічних консервантів під час заготівлі кормів

Тип консервантів	Приклади	Механізм дії	Переваги	Особливості застосування
Хімічні	Мурашина кислота, пропіонова кислота, бензойна кислота, формальдегідні препарати	Пригнічують розвиток небажаної мікрофлори, знижують рН, запобігають пліснявінню та гниттю	Швидкий ефект, висока ефективність навіть при підвищеній вологості	Потребують точного дозування; можуть бути корозійно активними; потребують засобів індивідуального захисту

продовження таблиці 1.2

Біологічні	Лактобактерії (Lactobacillus plantarum, Lactobacillus buchneri), ферментні комплекси	Стимулюють природне молочнокисле бродіння, знижують рН, підвищують стабільність силосу при розкритті	Екологічно безпечні, покращують поживність і смакові властивості корму	Потребують оптимальної вологості та якості сировини; ефективність залежить від умов зберігання
------------	--	--	--	--

Хімічні консерванти – це препарати, які пригнічують життєві, біохімічні та мікробіологічні процеси у кормах. Суть хімічного консервування полягає в інгібуванні (пригніченні) ферментів рослинних клітин та мікроорганізмів за допомогою хімічних речовин.

Ці консерванти повинні мати бактерицидні (знищення бактерій) та фунгіцидні (боротьба з пліснявою та грибками) властивості. При цьому вони мають бути абсолютно нешкідливими для тварин, не погіршувати смакових якостей кормів та бути ефективними у незначних дозах.

Приклади та дія:

– мурашина кислота (H-COOH) проявляє найсильнішу бактерицидну дію. Вона пригнічує життєдіяльність гнильних і масляних бактерій, стримує ріст дріжджів. Однак це летка сполука, виділяє пари, які сильно подразнюють слизову оболонку верхніх дихальних шляхів та очей. Якщо її краплі потрапляють на шкіру, з'являються опіки. Допустимий вміст парів у повітрі 1 мг/м³. Вона утворює в зеленій масі концентрацію водневих іонів, достатню для запобігання розвитку небажаної мікрофлори. Залежно від культури, вологості сировини мурашина кислота забезпечує збереження поживних речовин на 88-92, цукру до 30 %.

– пропіонова кислота ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-COOH}$) проявляє найсильнішу фунгіцидну дію перешкоджає розвитку плісені. Найкраще проявляє свої властивості під час зберігання вологого сіна та зерна. Пропіонова кислота – природний метаболізм в організмі тварин. Законсервовані корми добре поїдаються тваринами, нешкідливі, не погіршують якості продукції.

– оцтова кислота ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) є продуктом бродильних процесів у рубці жуйних та метаболітом білків, жирів і вуглеводів. За добу в організмі корови утворюється близько 2 л оцтової кислоти, яку тварина використовує як джерело енергії і для створення складових частин м'яса та молока. Тому корми, законсервовані оцтовою кислотою, корисні для жуйних, оскільки сприяють підвищенню вмісту жиру в молоці. Оцтова кислота має слабку антимікробну дію, використовується під час консервування трав із вмістом протеїну 12-14 % у сухій речовині.

Найчастіше хімічні консерванти використовують для консервування сировини, що важко силосується, а також легко силосованих рослин, вирощених при високих дозах азотних добрив, та при підвищеній вологості трав до 80%.

При більш високій вологості силосування рослин ефект від застосування консервантів різко знижується через збільшення їх втрат з соком. Хімічні консерванти сприяють швидкому підкисленню корму, що перешкоджає розвитку небажаних бактерій, в результаті зменшення рН середовища в кислу сторону, вони стримують протеолітичні процеси розщеплення білку в бобових травах до аміаку, внаслідок чого збільшується вихід сирого протеїну в одній тонні силосу на 3-6 кг при зменшенні втрат каротину на 15-25 г.

Застосування консервантів сприяє збереженню цукрів в злакових травах до 60-90% від вихідної кількості (за звичайного силосування збереженість цукрів – 20%), стримується дріжджове бродіння.

Альтернативою хімічним є консерванти біологічної природи: препарати на основі мікроорганізмів різних таксономічних груп та екзогенних ферментів. Біологічні консерванти регулюють мікробіологічні та біохімічні процеси, стимулюють молочнокисле бродіння, що спричиняє пригнічення життєдіяльності шкідливих мікроорганізмів, насамперед клостридій, які руйнують білок до масляної кислоти і амінів. Тобто

спрямована ферментація призводить до зниження втрат поживних речовин і підвищення якості корму.

Біологічні консерванти є ефективним засобом для поліпшення якості кормів і подовження їхнього терміну зберігання. Основним принципом їхньої дії є регулювання мікробіологічних процесів, що відбуваються під час ферментації кормових мас. В умовах заготівлі силосу та сінажу біологічні консерванти застосовуються з метою прискорення молочнокислого бродіння, пригнічення розвитку патогенних і гнильних мікроорганізмів, а також зменшення втрат сухої речовини. До основних видів біологічних консервантів належать спеціально підібрані штами молочнокислих бактерій (*Lactobacillus*, *Pediosoccus*, *Enterococcus*), дріжджі та ферментні препарати, які стимулюють розщеплення клітковини та покращують перетравність кормів. Ферментативні препарати – це комплекс ферментів (амілази, целюлази, протеази, ксиланази), які додаються до кормової маси для покращення її перетравності та підвищення ефективності консервації.

Їхнє внесення проводиться безпосередньо на кормову масу під час подрібнення або укладання в траншеї, ящики чи силосні ями. Дозування та спосіб внесення залежать від виду кормової культури, її вологості та загальної маси матеріалу.

Застосування біологічних консервантів забезпечує кілька технологічних переваг:

- стабільність процесу ферментації створюються оптимальні умови для розвитку корисних мікроорганізмів, що сприяє швидкому зниженню Рн і стабілізації корму.
- збереження поживних речовин зменшується розпад білків і вітамінів, що позитивно впливає на кормову цінність силосу та сінажу.
- профілактика гниття та цвілі пригнічуються патогенні мікроорганізми, що запобігає утворенню токсичних речовин і забезпечує безпечність корму для тварин.

Застосування біологічних консервантів є особливо актуальним при заготівлі кормів з високим вмістом води або в несприятливих кліматичних умовах, коли традиційні методи консервації не гарантують належної якості продукції. Сучасні технології заготівлі кормів часто передбачають комбіноване застосування хімічних та біологічних консервантів. Такий підхід дозволяє поєднати швидкий антисептичний ефект хімічних речовин із природною ферментацією, забезпечуючи стабільну якість кормів протягом тривалого часу. Вибір конкретного способу консервації залежить від виду корму, умов його зберігання та потреб конкретної тваринницької ферми.

Крім того, вони сприяють підвищенню економічної ефективності фермерських господарств за рахунок зменшення втрат кормової маси та підвищення продуктивності тварин.

Висновки до розділу I

В розділі розглянуто технологічні та агротехнічні вимоги до процесу заготівлі сіна. Оптимальне поєднання злакових і бобових компонентів забезпечує збалансований розвиток травостою, підвищує його кормову цінність і сприяє накопиченню білка та поживних речовин.

У результаті аналізу способів та технологій приготування сіна та сінажу встановлено, що ефективність збереження поживних речовин у кормах значною мірою залежить від дотримання технологічних вимог на всіх етапах заготівлі від скошування до зберігання.

Використання біологічних і хімічних консервантів дозволяє оптимізувати процес силосування та сінажування, зменшити втрати сухої речовини, підвищити стабільність кормів під час зберігання і поліпшити їх органолептичні показники. Біологічні консерванти, що містять активні культури молочнокислих бактерій, ферментні препарати та продукти їх життєдіяльності, мають екологічні переваги й забезпечують природне зниження рН, поліпшуючи ферментаційні процеси.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз конструкцій та роботи різальних апаратів кормозбиральних машин

Пристрої, які призначені для скошування рослинної маси з кореня, називають різальними апаратами, а ті, які перерізують зрізану рослинну масу на частинки (різку), подрібнювальними. Різальні апарати кормозбиральних машин є ключовими елементами, що визначають ефективність та якість заготівлі кормів.

Різальні апарати застосовують у косарках для скошування трав, у валкових жатках та жатках зернозбиральних комбайнів для обмолоту зернових культур, у жатках кормозбиральних комбайнів для скошування трав та грубостеблових культур, у жатках кукурудзозбиральних комбайнів, а також у косарках-подрібнювачах для заготівлі зеленого корму. Вони класифікуються за типом різання та конструкцією. Класифікацію різальних апаратів наведено на рисунку 2.1.

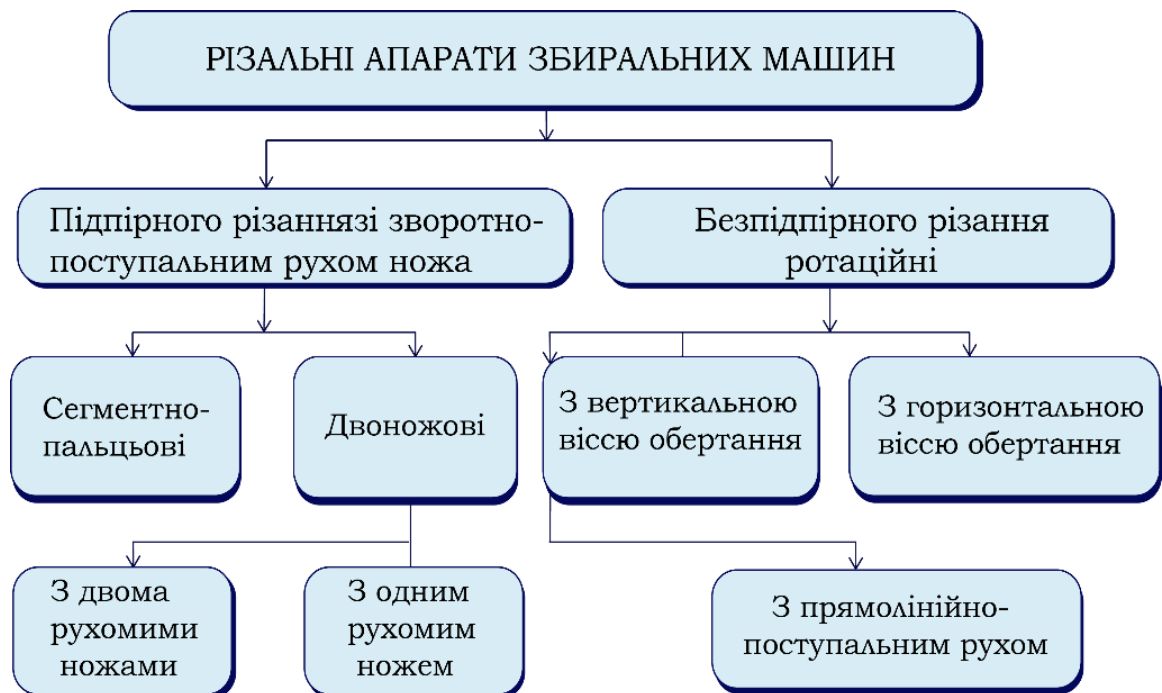


Рис. 2.1. Класифікація різальних апаратів кормозбиральних машин.

Для скошування природних і сіяних трав, залежно від природно-кліматичних умов, застосовують різні види машин, які за конструкцією ріжучих апаратів поділяються на три основні групи.

До першої, найчисельнішої групи, належать косарки та жниварки з пальцевими ріжучими апаратами низького, середнього та нормального зрізу.

Друга група включає косарки та жниварки з двоножовим ріжучим апаратом, в якому врівноважено інерційні сили, що виникають під час роботи. Це забезпечує зменшення вібрацій машини та трактора, підвищує надійність агрегату, його робочу швидкість, продуктивність та стабільність при експлуатації.

До третьої групи жнивних механізмів відносять ріжучі апарати безперервної дії, зокрема дискові та ротаційні. Дискові апарати не отримали широкого поширення через обмежену довговічність, зумовлену великою кількістю пар тертя, які працюють в абразивному середовищі.

Ротаційні апарати застосовують на косарках, вони особливо ефективні при збиранні на кам'янистих ґрунтах та скошуванні малоцінних трав на луках і полях.

Кормозбиральні машини оснащують різальними апаратами, робота яких базується на принципі підпірного або безпідпірного зрізу. До апаратів підпірного зрізу відносять сегментно-пальцеві та безпальцеві механізми, де стебло під час зрізу спирається на нерухомий протирізальний елемент. Апаратами безпідпірного зрізу є ротаційно-дискові та ротаційно-барабанні механізми.

У сегментно-пальцевих різальних апаратах наявна різальна пара, що складається із сегмента 9 (рис. 2.2, а) та протирізальної пластини 13 пальця 2. Сегмент підводить стебла рослин до протирізальної пластини, затискаючи їх між собою. Під час зрізування стебла спираються одночасно на протирізальну пластину (точка А) та на пероподібний відросток пальця (точка Б), утворюючи дві опори. Це значно знижує ймовірність згинання стебел, особливо тонкостеблих культур із низькою жорсткістю.

Сегментно-пальцеві апарати здійснюють зрізування при швидкості ножа 1,5-3,0 м/с. Вони не подрібнюють рослини і потребують менших енергетичних витрат у порівнянні з апаратами без опори.

Водночас зворотно-поступальний рух ножа створює значні інерційні навантаження, що обмежує ефективність таких косарок на підвищених робочих швидкостях під час заготівлі трав.

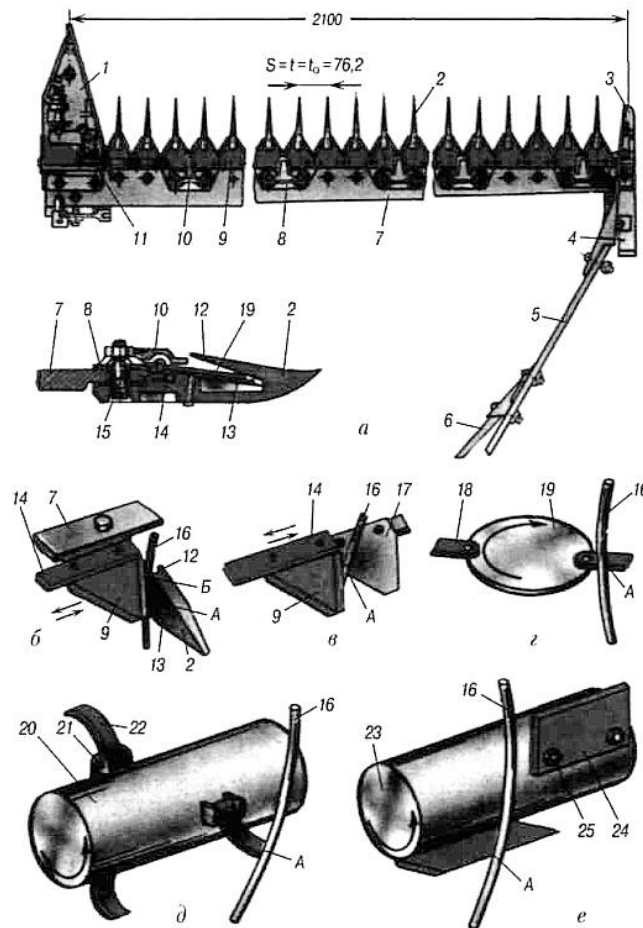


Рис. 2.2. Типи різальних апаратів: а, б – сегментно-пальцеві; в – безпальцевий; г – ротаційно-дисковий; д, є – ротаційно-барабанні; 1 – внутрішній башмак; 2 – палець; 3 – зовнішній башмак; 4 – опорний полозок; 5 – дошка; 6 – стебловідвід; 7 – пальцевий брус; 8 – пластина тертя; 9 і 17 – сегменти; 10 – притискна лапка; 11 – головка ножа; 12 – відросток; 13 – протирізальна пластина; 14 – станина ножа; 15 і 25 – болти; 16 – зрізувана рослина; 18, 22, 24 – ножі; 19 – диск; 20, 23 – барабани; 21 – вісь.

У безпальцьовому апараті (рис. 2.2, б) різальна пара складається з двох сегментів 2, що перерізають стебло, спираючись в одній точці А. Такі апарати менше схильні до засмічення під час збирання заплутаних або полеглих рослин.

Використовують одно- та двоножеві апарати: в одноножевому рухомим є лише один ніж, тоді як у двоножевому обидва ножі, що підвищує балансування машини в цілому. Водночас конструкція приводу ножів у таких косарок є більш складною.

До різальних апаратів безпідпільного зрізування відносять ротаційно-дискові, дводискові ротаційні, сегментно-дискові та ротаційно-барабанні. Різальні елементи цих апаратів ножі 2, шарнірно з'єднані з диском 1 або валом барабана 9, або сегменти 5, жорстко закріплені на диску 6 (рис. 2.3). Для підвищення ефективності зрізування та подрібнення рослинної маси додатково встановлюють протирізальний ніж 8 (рис. 2.3, в).

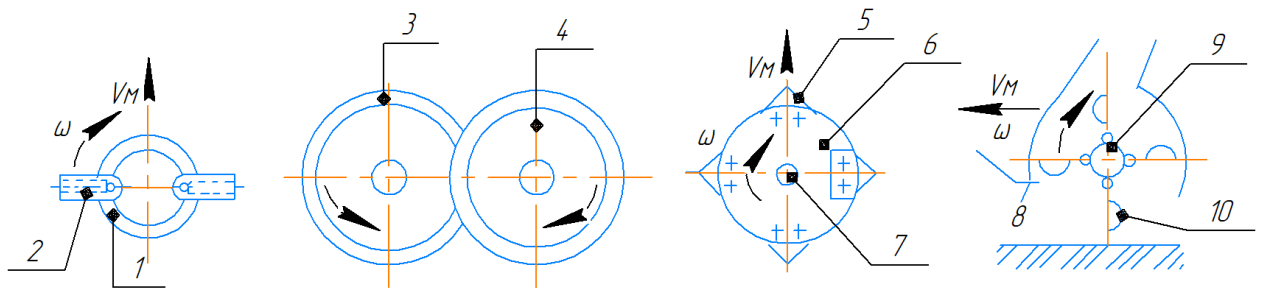


Рис. 2.3. Різальні апарати безпідпільного зрізування: а – ротаційно-дисковий; б – дводисковий ротаційний; в – сегментно-дисковий; г – ротаційно-барабанний; 1, 3, 4, 6 – диск; 2, 10 – ніж; 5 – сегмент; 7 – вал диска; 8 – протирізальний ніж; 9 – вал барабана.

Ротаційно-дисковий різальний апарат (рис. 2.2, г) складається з бруса, на якому розміщені диски 19 із ножами 18, закріпленими шарнірно або жорстко. Під час високошвидкісного обертання (колова швидкість ножів становить 40–60 м/с) ножі здійснюють ударний розріз стебел рослин.

Ротаційно-барабанний різальний апарат включає обертовий навколо горизонтальної осі барабан та ножі 22 і 24, закріплені на ньому шарнірно

(рис. 2.2, д) або жорстко (рис. 2.2, е). При обертанні з високою швидкістю ножі ефективно розрізають рослинну масу.

Під час зрізування стебло рослини не спирається на жодний елемент машини, його відгин обмежується лише жорсткістю стебла, його інерцією та частковою підтримкою сусідніх стебел. Різальні апарати безпідпирного типу не мають зворотно-поступального руху робочих елементів. У ротаційних апаратів ножі здійснюють обертальний рух разом із диском або барабаном зі швидкістю до 50-60 м/с, що дозволяє значно підвищити робочу швидкість косарки.

Крім того, ротаційні різальні апарати забезпечують ефективне скошування травостою незалежно від його стану (полеглий або високоврожайний) при високій швидкості косарки до 15 км/год, причому ця швидкість визначається лише швидкістю трактора та умовами роботи оператора, що відрізняє їх від апаратів зі зворотно-поступальним рухом ножів.

2.2 Технічні засоби для здійснення процесу скошування трав методом її плющення

Першою технологічною операцією у всіх методах заготівлі сіна є скошування трав, яке може виконуватися як у чистому вигляді, так і з одночасним плющенням рослинної маси. Водночас операцію плющення слід проводити лише за сприятливих погодних умов, оскільки потрапляння обробленої маси під опади призводить до її швидшого намокання та подовженого сушіння, що негативно впливає на збереження поживних речовин.

Відповідно до цього, сільськогосподарські машини для скошування трав поділяють на дві основні групи:

- косарки, що здійснюють зрізання рослин і залишають їх у прокосі;

– косарки-плющилки, які одночасно виконують зрізання, плющення рослин та укладання обробленої маси у валок.

Косарки першої групи класифікують за видом використовуваного джерела енергії на кінні, тракторні та самохідні. Залежно від способу агрегування з трактором їх поділяють на навісні, напівнавісні та причіпні. Крім того, за кількістю ріжучих апаратів косарки бувають одно- та багатоярусними. Що стосується розташування ріжучого апарата відносно трактора, однобрусні навісні косарки класифікують на фронтальні, середньонавісні та задньонавісні.

До експлуатаційних характеристик косарок висувають ряд вимог, що визначаються економічною ефективністю сільськогосподарського виробництва та біологічними особливостями рослин. Одним із ключових показників є висота зрізу, яка істотно впливає на кількість і якість отриманого сіна.

До основних конструктивних елементів косарок належать ріжучий апарат, привід, рама та механізм піднімання. На сьогоднішній час використовують два типи косарок-плющилок: тракторні та самохідні.

Тракторні машини являють собою комплекс технічних засобів, який включає раму з сницею, опорні ходові колеса, ріжучий апарат (сегментно-пальцевого або ротаційного типу), мотовило, а залежно від конструкції ріжучого апарату також плющильний апарат, а також трансмісію і механізм регулювання ступеня розплющування стебел.

Робочий процес зазначених машин здійснюється наступним чином: під час руху трава піднімається та направляється до ріжучого апарату, за умови наявності мотовила. Далі трава зрізається, потрапляє до плющильного апарату та укладається на стерню.

Самохідні косарки-плющилки являють собою агрегати, на яких інтегровано жниварку та плющильний апарат, що забезпечує поєднання процесів зрізання та плющення рослинної маси в одному проході.

Процес плющення у зазначених машинах здійснюється наступним чином: під час руху заломлюючий брус нахиляє стебла, а мотовило поступово подає їх до ріжучого апарату сегментно-пальцевого типу. Після зрізання рослинна маса потрапляє на шнек, який ущільнює матеріал та направляє його до плющильного апарату, переважно вальцевого типу.

Вальці плющильного апарату, залежно від конструкції робочого органу, або надломлюють, або розплющують рослинну масу, формуючи її у валок або прокіс на стерні. Перші моделі косарок-плющилок були обладнані виключно вальцевими плющильними апаратами (рис. 2.4).

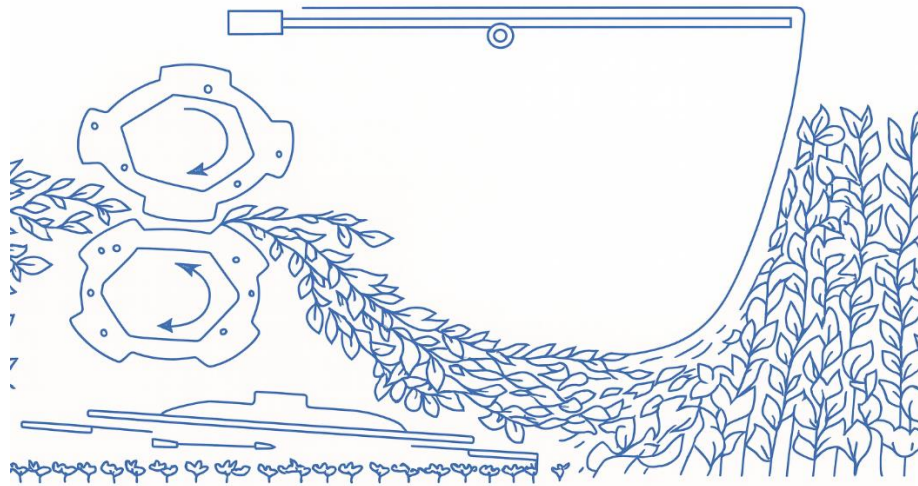


Рис. 2.4. Технологічна схема вальцевого плющильного апарату.

При обробці товстого шару матеріалу спостерігається значне зниження якості технологічного процесу. Цей недолік може бути частково усунутий за рахунок використання плющильних апаратів динамічної дії кондиціонерів, які завдяки підвищеній продуктивності та кращому спуску валка здобули широке застосування.

Водночас їх ефективніше застосовувати для обробки злакових трав, оскільки при кондиціюванні бобових культур значно збільшуються втрати листя та суцвіть. Сучасні конструкції косарок-плющилок передбачають різне геометричне розташування плющильного апарату (вертикальне та горизонтальне), як у вальцевих апаратах, так і в кондиціонерах.

Зокрема, досліджуються косарки-плющилки з вертикальним розміщенням вальців, що забезпечує підвищення якості технологічного процесу шляхом плющення верхньої частини стебла. Такий спосіб обробки сприяє поділу трав'яної маси на окремі порції та зменшенню втрат у вигляді виділеного соку та відірваних частин.

Вальцеві плющильні апарати через значну масу встановлюють на причіпних та самохідних косарках-плющилках із шириною захвату 3-5 м. Довжина вальців не повинна перевищувати 2 м. У разі збільшення ширини захвату косарки-плющилки оснащують шнеком, який забезпечує звуження потоку скошеної маси перед подачею до плющильного апарату.

Плющильні вальці можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як метал або поліуретан, і мати різні профілі поверхні гладкі, ребристі або з виступами.

Залежно від виду трав'яної маси, що підлягає обробці, застосовують різні комбінації вальців: метал–метал, метал–гума, гума–гума. Для забезпечення більш м'якого режиму роботи та зменшення втрат листя і суцвіть окремі виробники, зокрема John Deere та Krone, використовують обгумовані вальці.

Наприклад, система плющення KUHN (рис. 2.5) використовує поліуретанові вальці з профілем QUADROFLEX, де виступи одного вальця входять у впадини іншого, що забезпечує ефективне плющення в обох напрямках. Це також сприяє зниженню природного воскового покриття на стеблах, що покращує процес сушіння.



Рис. 2.5. Косарка-плющилка KUHN FC 3160 TCR.

KRONE EasyCut CRi (рис. 2.6) вальцева плющилка з суцільними вальцями, що забезпечують рівномірне плющення по всій ширині захвату. Відстань між вулицями та тиск притиску регулюються для адаптації до різних видів корму. Гумове покриття вальців гарантує високий термін служби.



Рис. 2.6. Вальцева плющилка KRONE EasyCut CRi.

Вибір вальцевої плющилки CRi є оптимальним для господарств, що займаються заготівлею кормів з високим вмістом білка, таких як люцерна. Вона забезпечує ефективне та щадне оброблення кормової маси, що сприяє збереженню її поживної цінності та прискоренню процесу сушки.

Останніми роками широкого поширення набули кондиціонери, що застосовуються в ротаційних косарках (рис. 2.7). Такі апарати випускаються трьох основних типів: барабанні з шарнірно закріпленими пластинчастими металевими пальцями, барабанні з жорстко закріпленими металевими пальцями та щіткові. Частота обертання робочих органів цих плющильних апаратів у середньому становить близько 1000 об/хв.

Незалежно від способу кріплення, кондиціонери оснащуються робочими органами (билами) різної форми V-подібними, пластинчастими або круглими. Найбільш поширеним варіантом є V-подібна форма бил, яка забезпечує ефективну обробку рослинної маси.



Рис. 2.7. Плющильні апарати динамічної дії.

З метою зниження маси конструкції, у сучасних моделях застосовуються робочі органи, виготовлені з полімерних матеріалів, таких як пластик або нейлон.

У загальному вигляді конструкція агрегату являє собою барабан (вал), що обертається у горизонтальній площині, на якому закріплені робочі органи. За їх допомогою здійснюється знімання скошеної рослинної маси з ріжучого апарата та її подальше протягування вздовж циліндричного направляючого кожуха.

Технологічний процес відбувається внаслідок часткового перебивання стебел та їх протягування через зазор, утворений між внутрішньою поверхнею направляючого кожуха і крайніми точками робочих елементів (бил). Під час протягування скошена маса розпушується, що сприяє формуванню пористого валка або прокосу, який добре вентилується під дією природних повітряних потоків.

Довжина кондиціонера відповідає робочій ширині захвату машини. Найбільш поширеними є конструкції з горизонтальним розташуванням осі вала. Проте існують і моделі з вертикальним розміщенням, зокрема косарка-кондиціонер моделі 484 фірми New Holland (США). Прикладом сучасного зразка є косарка-плющилка 1320 фірми John Deere, зображена на рисунку 2.8.

Скошування проводиться за допомогою шести-роторного апарата. Оброблення трав'яної маси, переважно злакових культур, виконується робочими елементами типу бил.

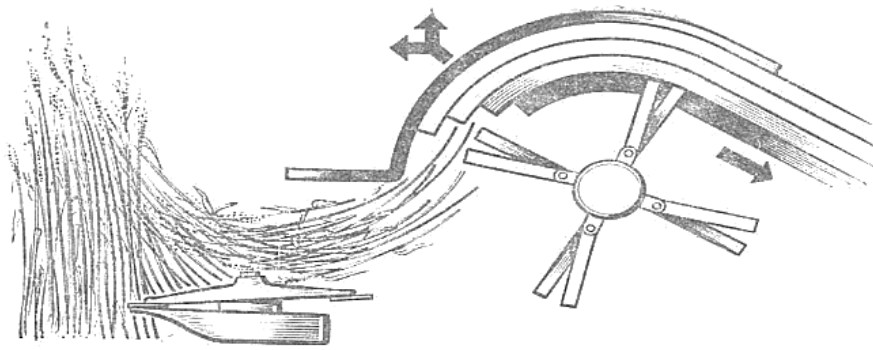


Рис. 2.8. Плющильний апарат фірми John Deere.

Частота обертання вала з билами визначається масою скошеної рослинної сировини та змінюється в межах від 610 до 850 об/хв. Робоча ширина захвату агрегату становить 2,4 м.

Використання плющильних механізмів дозволяє суттєво зменшити втрати поживних речовин, зберегти високу якість зеленої маси та скоротити тривалість сушіння. Конструктивні рішення сучасних косарок-плющилок (наприклад, дискових чи барабанних типів) забезпечують рівномірність зрізу, якісне подрібнення та укладання маси у валки.

Отже, технічні засоби для скошення трави методом плющення відіграють важливу роль у механізації процесу заготівлі кормів. Вони забезпечують підвищення продуктивності праці, поліпшення технологічних показників сировини та сприяють зниженню енергетичних і часових витрат на подальшу переробку та сушіння трав'яної маси.

2.3 Технологічний процес заготівлі сінажу з бобових культур

Заготівля сінажу з бобових трав належить до важливих етапів (рис. 2.9) кормовиробництва, оскільки ефективне виконання цього процесу забезпечує отримання високоякісних кормів для тварин.

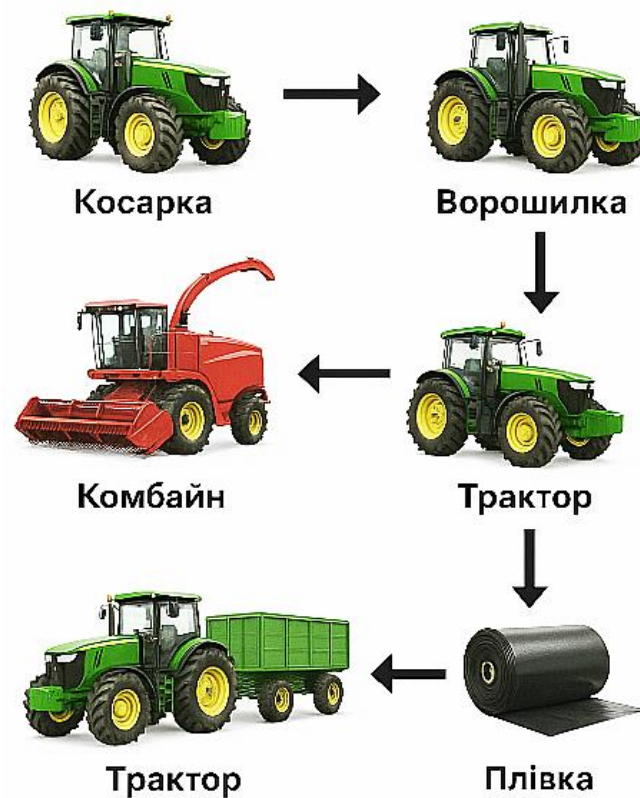


Рис. 2.9. Технологічний процес заготівлі сінажу з бобових культур.

Технологічна процедура включає послідовність операцій:

- підготовку рослинної маси,
- скошування,
- подрібнення,
- плющення,
- ущільнення та заквашування.

Перед початком заготівлі сінажу проводять оцінку стану бобових трав (люцерни, конюшини, вики, гороху) та визначають оптимальну фазу їхнього біологічного розвитку для збору кормової маси.

Процес починається зі скошування трави, для чого застосовуються роторні або сегментні косарки, обладнані ріжучими апаратами, що забезпечують рівномірне зрізання стебел та рівномірно зрізають рослини на оптимальній висоті для збереження зеленої маси та поживної цінності бобових трав.

Коли вологість трави досягає необхідного рівня, виконується її підбирачний етап і завантаження у транспортні засоби. На цьому етапі використовують підбирачі роторного типу або пружинні ворошилки, що направляють підсушену масу у валки, з яких вона потім завантажується у причіпи або самохідні об'єднані агрегати для транспортування на місце закладання у сховище.

На наступному етапі, власне закладання сінажу у траншеї або силосні ями, використовуються розподільні пристрої, ущільнювачі та трактори із відповідним причіпним обладнанням, які дозволяють рівномірно розподілити масу і забезпечити щільне ущільнення, що мінімізує доступ кисню і створює анаеробні умови для ферментації. Наступний етап підбирання та трамбування трав'яної маси, що виконується за допомогою валкових або роторних підбирачів, а також пресуючих машин, які формують масу в щільні тюки або силоси. Консервація та ферментація забезпечуються ущільненням та ізоляцією маси у герметичних ємностях або силосах із використанням спеціальних плівок та пресуючих механізмів.

Завершальним етапом є транспортування та зберігання сінажу, для чого застосовуються самохідні або причіпні транспортні засоби та складські системи з оптимальними умовами вологості та вентиляції.

2.4 Вплив швидкості руху трактора та робочого органа на якість заготівлі сінажу

Заготівля сінажу є одним із ключових процесів у тваринництві, оскільки від якості корму залежить продуктивність тварин. Основним завданням під час заготовлення сінажу є забезпечення рівномірного подрібнення, достатньої вологості та мінімальних втрат поживних речовин.

Якість сінажу, як і будь-якої кормової маси, безпосередньо залежить від правильності технологічного процесу заготівлі, серед якого особливо

важливу роль відіграють швидкість руху трактора та швидкість обертання або переміщення робочого органу.

Недотримання оптимальних режимів роботи може призводити до втрат кормових речовин, погіршення поживної цінності та збільшення механічних втрат.

Швидкість руху трактора визначає інтенсивність підбору рослинної маси, рівномірність зрізання та якість подрібнення (рис. 2.10).

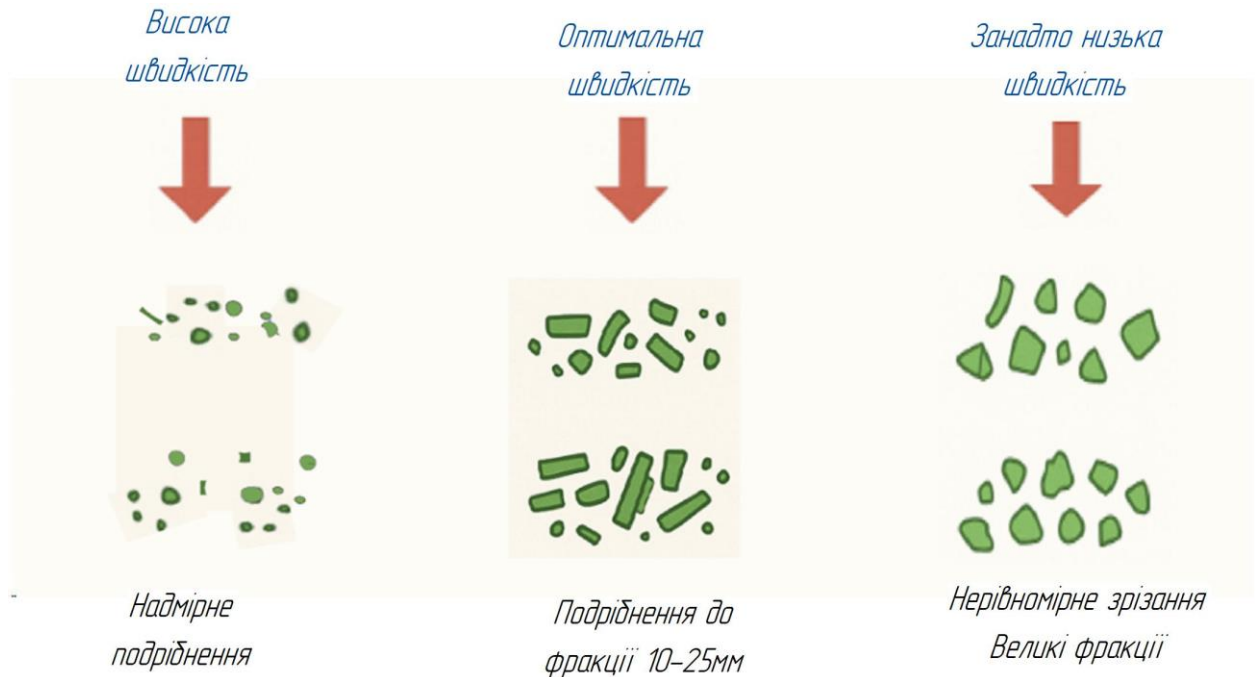


Рис. 2.10. Вплив швидкості руху трактора на рівномірність підбору та якість подрібнення зеленої маси.

Занадто велика швидкість призводить до того, що робочий орган не встигає ефективно захоплювати та подрібнювати рослини, що зумовлює пропускання частини зеленої маси та нерівномірність подрібнення. Нерівномірна подрібнена маса має різні фракції, що негативно впливає на процес ферментації, зокрема на швидкість і рівномірність виділення молочної кислоти.

З іншого боку, низька швидкість руху трактора підвищує якість подрібнення та дозволяє більш рівномірно укласти масу, але збільшує витрати пального та знижує продуктивність. Таким чином, існує оптимальна

швидкість, яка забезпечує баланс між якістю подрібнення та продуктивністю заготівлі.

Для визначення оптимальної швидкості можна використати формулу продуктивності робочого органа:

$$Q = V \cdot F \cdot \eta$$

де:

Q – продуктивність трактора, т/год;

V – швидкість руху трактора, км/год;

F – ширина захвату робочого органа, м;

η – коефіцієнт використання ширини захвату (0,8–0,9).

Наприклад, якщо ширина захвату косарки становить 2,5 м, коефіцієнт використання 0,85, а бажана продуктивність 20 т/год, можна визначити швидкість:

$$V = \frac{Q}{F \cdot \eta} = \frac{20}{2,5 \cdot 0,85} \approx 9,41 \text{ км/год}$$

Це значення відповідає практичним рекомендаціям для заготівлі сінажу на злакових та бобових культурах.

Робочий орган (ножі, роторні млинки, подрібнювачі) визначає ефективність зрізання та подрібнення рослинної маси. Швидкість обертання ножів чи роторів повинна відповідати швидкості руху трактора. Якщо швидкість робочого органа занадто висока, відбувається надмірне подрібнення, що підвищує втрати рідкої фази та поживних речовин. Занадто низька швидкість приводить до нерівномірного зрізання та утворення великих фракцій, які гірше ферментуються та займають більше місця при укладанні.

Оптимальна швидкість робочого органа забезпечує подрібнення маси до фракцій 10-25 мм, що сприяє рівномірній ферментації та зменшенню втрат сухої речовини. Для визначення взаємозв'язку швидкостей руху трактора V та швидкості роторів n використовують формулу:

$$L = \frac{V \cdot 1000}{60 \cdot n}$$

де:

L – довжина подрібненої частини маси, мм;

V – швидкість руху трактора, м/хв;

n – частота обертання робочого органа, об/хв.

При $V = 9,41 \text{ км/год} (\approx 156,83 \text{ м/хв})$ і $n = 1500 \text{ об/хв}$:

$$L = \frac{156,83 \cdot 1000}{60 \cdot 1500} \approx 1,74 \text{ мм}$$

У даному випадку, щоб отримати фракції близько 20 мм, потрібно зменшити швидкість обертання ротора або збільшити швидкість трактора, виходячи з технологічних норм.

Таким чином оптимальне співвідношення швидкості руху трактора та робочого органа забезпечує отримання часток довжиною 1-4 см, що сприяє кращому ущільненню, швидкому витісненню повітря й утворенню якісної молочнокислої ферментації. Правильний режим роботи мінімізує втрати сухої речовини, покращує структуру корму та підвищує його енергетичну цінність.

Для отримання високоякісного сінажу необхідно ретельно налаштовувати параметри роботи машинно-тракторного агрегату, враховуючи густоту та вологість рослинної маси, технічний стан обладнання та рекомендовані режими виробника. Оптимізація швидкісних параметрів є важливим чинником ефективного виробництва кормів та підвищення продуктивності тваринництва.

Таким чином, правильне поєднання швидкості руху трактора та робочого органа є визначальним фактором для отримання якісного сінажу з мінімальними втратами та збереженням поживних речовин, що впливає на ефективність заготівлі кормів та подальшу продуктивність тварин.

Висновки до розділу II

У розділі проведено обґрунтування конструктивних особливостей різальних апаратів кормозбиральних машин. Проаналізовано технічні засоби, призначені для здійснення процесу скошування трави методом її плющення. Машини відрізняються за типом плющильних апаратів вальцьовими, пальцевими або барабанними кожен із яких має свої переваги залежно від виду скошуваних культур і умов роботи.

Також детально розглянуто технологічний процес заготівлі сінажу з бобових культур, який є важливою складовою системи заготівлі кормів для тваринництва.

Проаналізовано взаємозв'язок між швидкістю руху трактора, частотою обертання робочого органа та якістю заготівлі сінажу. Встановлено, що надмірне збільшення швидкості агрегату призводить до нерівномірності зрізання рослинної маси, підвищення втрат і погіршення структури подрібнення. Натомість занадто низькі швидкості знижують продуктивність і можуть спричиняти неповне зрізання стебел.

РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1 Конструктивне рішення по удосконаленню косарки-плющилки

Причіпні косарки-плющилки типу КПП-3,1 призначені для скошування як природних, так і посіяних трав на великих площах з формуванням скошеної маси у валок або прокошуванням. Використання активатора білодекового типу у конструкції забезпечує прискорене сушіння валків шляхом руйнування воскового шару стебел і формування пухкого валка, який добре аерується.

Косарка КПП-3,1-1 може комплектуватися плющильними вальцями замість кондиціонера (активатора) [12]. Косарка оснащена поворотним редуктором (рис. 3.1), що підвищує маневреність агрегату за рахунок зменшення радіусу розвороту та дозволяє здійснювати повороти без відключення ВВП трактора, що зменшує втрати часу та підвищує продуктивність роботи.

Косарка КПП-3,1 може пропонуватися користувачам у трьох варіантах комплектації:

- з бильно-дековим кондиціонером;
- з плющильними вальцями;
- без додаткових пристроїв для прискорення висушування трави.



Рис. 3.1. Поворотний редуктор косарки-плющилки.

Косарки з кондиціонером (рис. 3.2) рекомендовано використовувати для скошування злакових трав. Кондиціонер сприяє видаленню воскового шару зі стебел скошеної рослинної маси та формує її у рихлий валок або прокошування, що забезпечує хорошу аерацію і прискорює сушку трави [2].

Косарки з плющильними вальцями забезпечують щадне плющення скошеної маси, що сприяє більш швидкому та рівномірному її висушуванню. Після цього масу укладають у валок або прокошують. Такі косарки рекомендовані для збирання бобових трав, таких як люцерна та конюшина.



Рис. 3.2. Кондиціонер (а) та вальці для плющення (б) у косарках.

Косарки без кондиціонера та плющильного апарату дозволяють формувати валки або прокошувати масу, знижуючи при цьому енергоспоживання агрегату. Їх вартість на 16% менша порівняно з косарками, обладнаними кондиціонером. Використання причіпної схеми агрегаткування косарки забезпечує маневреність і стійкість при роботі з тракторами тягового класу 1,4 т.с. (МТЗ - 80/82).

Ротаційна косарка-плющилка КПРН-3,0 (рис. 3.3) призначена для скошування сіяних трав, одночасного плющення стебел і формування валка шириною 1,2 м. У вологу погоду валкоутворюючий пристрій знімають, і траву скошують у прокіс. Різальний апарат складається з шести роторів.

Щоб зменшити втрати через надмірне подрібнення стебел, при швидкості роботи до 12 км/год на кожному роторі встановлюють один ніж та балансир для врівноваження протилежної сторони. При швидкості понад 12 км/год на роторі монтують два ножі [16].

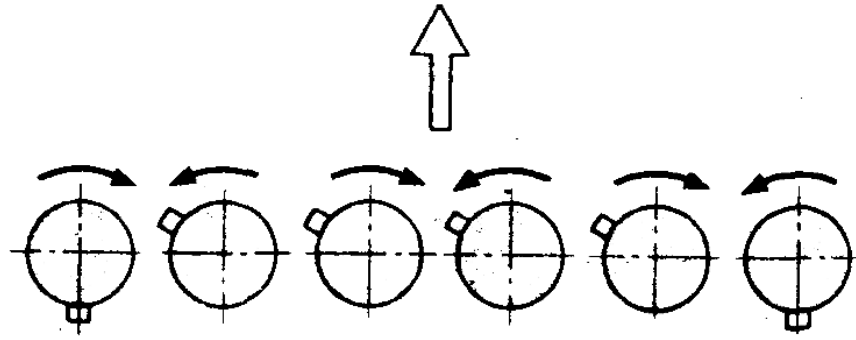


Рис. 3.3. Схема розміщення ножів різального апарата косарки КПРН-3.

Регулювання косарки-плющилки здійснюється через встановлення зазору між плющильними вальцями за допомогою гвинтів 18 (рис. 3.4). Мінімальний зазор становить 8 мм. Під час роботи в дощову погоду вальці слід виставити на максимальний зазор, що забезпечує роботу без плющення.

Взаємне розташування ребер вальців регулюють таким чином: спершу від'єднують однорядний ланцюг приводу верхнього вальця, після чого регулювальними гвинтами 18 піднімають верхній валець так, щоб його ребра при обертанні не зачіпали ребра нижнього вальця. Далі провертають верхній валець і встановлюють його так, щоб його ребра розташовувалися між ребрами нижнього вальця. Після цього ланцюг з'єднують і натягують за допомогою натяжної зірочки.

При регулюванні тиску між вальцями слід враховувати, що надмірний тиск зменшує пропускну здатність машини та підвищує ризик пошкодження стебел. Для контролю якості плющення беруть пучок стебел, тримають кожне стебло і, струснувши його, перевіряють наявність характерних надламів на відстані приблизно 100 мм. Якщо значна частина стебел не має надламів, слід додатково підтягти пружини.

Тиск різального апарата на ґрунт (600-650 Н) регулюється за допомогою натягу пружин зрівноважувального механізму. Крім того, змінюючи жорсткість пружини, можна регулювати тиск між вальцями в межах 20-60 Н/см. При тиску 20 Н/см та зазорі 8 мм відстань між витками пружини становить 116 мм.

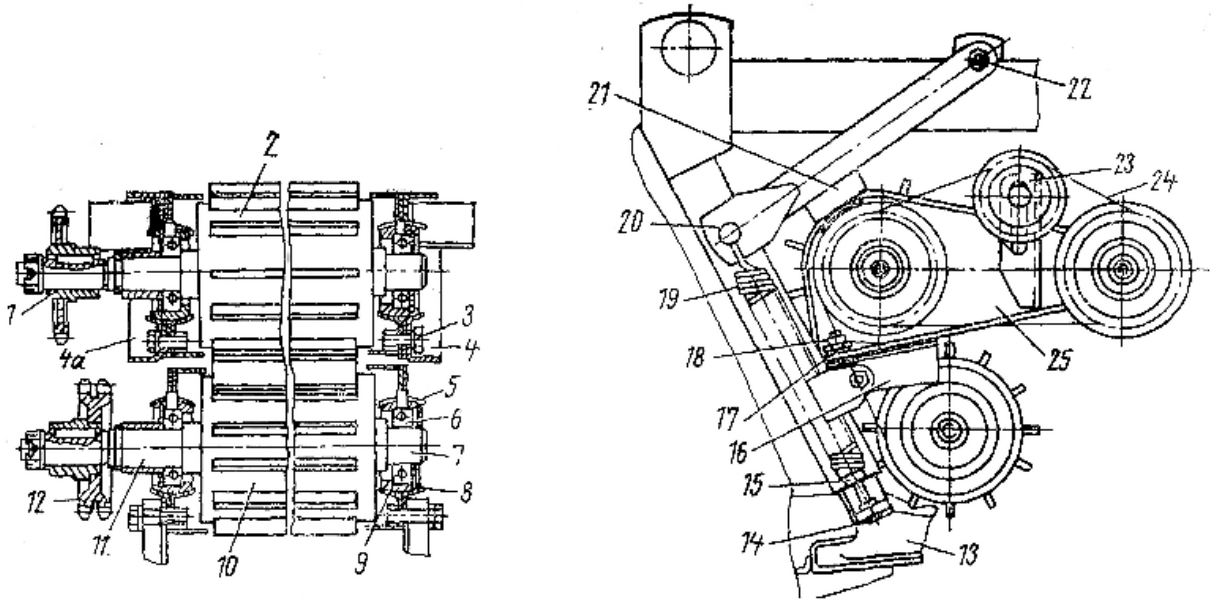


Рис. 3.4. Плющильні вальці КПРН-3: 1 – зірочка; 2 – валець верхній; 3 – болт; 4 – кронштейн лівий; 4а – кронштейн правий; 5 – корпус підшипника сферичний; 6 – підшипник; 7 – цапфа вальця; 8 – фланець сферичний; 9 – фланець кріплення підшипника; 10 – валець нижній; 11 – цапфа приводу; 12 – зірочка; 13 – кронштейн рами кріплення різального апарата; 14 – натяжний пристрій; 15 – пробка пружини; 16 – косинець опори вальця; 17 – гайка; 18 – гвинт регулювальний; 19 – пружина; 20 – важіль; 21 – пластина натискна; 22 – вісь; 23 – зірочка; 24 – ланцюг; 25 – кронштейн.

Колія трактора повинна бути 1800 мм. Огляд технічних характеристик серійних машин наведено в додатку 1.

Для підвищення продуктивності МТА при скошуванні трав із плющенням пропонується одночасне використання двох косарок: на передню навісну систему навісної та причіпної. При цьому причіпну косарку вдосконалено за допомогою пристосування для здвоєння валка з передньої косарки. Розробка дозволяє більш ефективно завантажувати прес-підбирач, скорочуючи кількість проходів по полю, що забезпечує економію палива, мастильних матеріалів та часу. Пристосування складається з полотняного

транспортера з приводною системою та механізмом переводу в транспортне положення.

Для підвищення продуктивності при скошуванні трав з плющенням застосовується комбінація передньої навісної косарки та причіпної косарки КПРН-3, обладнаної пристосуванням для здвоєння валка (рис. 3.5).

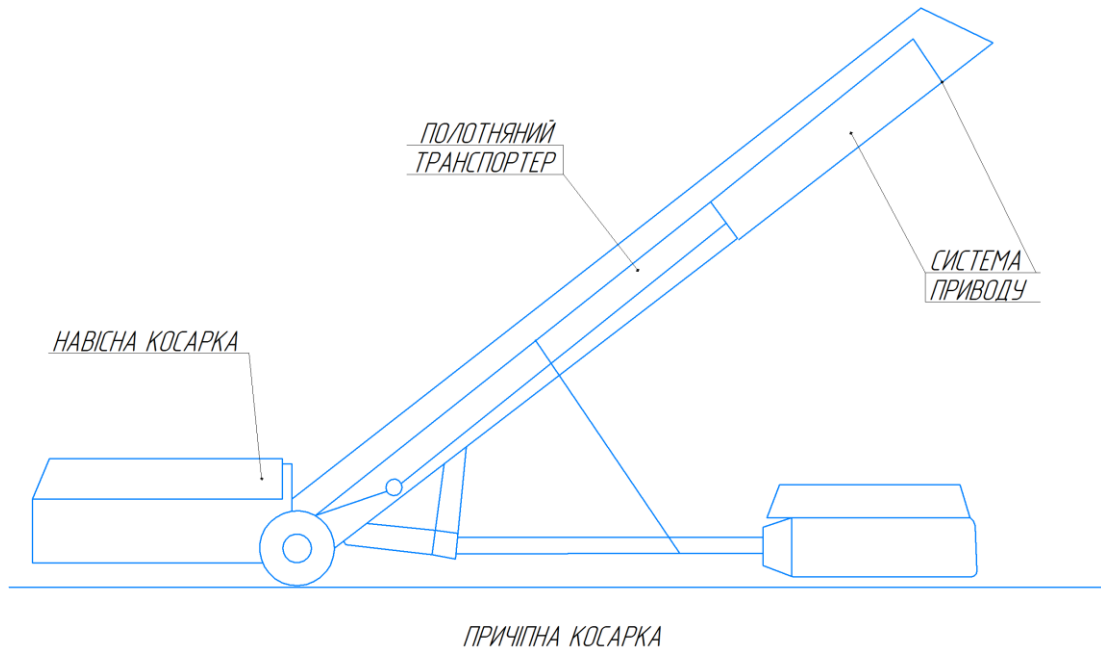


Рис. 3.5. Сполучення передньої навісної косарки з причіпною косаркою КПРН-3.

1. Передня косарка здійснює скошування травостою, плющення та формує валок у центрі траєкторії руху трактора.
2. Причіпна косарка одночасно скошує другу смугу з правого боку від трактора.
3. За нею встановлений полотняний транспортер, що має привід від ВВП або гідромотора, синхронізований з обертами косарки.
4. Під час роботи транспортер подає скошену масу вбік на валок від передньої косарки, утворюючи подвійний (здвоєний) валок.
5. Після завершення скошування пристосування переводиться у транспортне положення гідроциліндром або механічним фіксатором.
6. Завдяки здвоєнню валка забезпечується:
 - повніше завантаження прес-підбирача;

- зменшення кількості проходів по полю;
- економія пального та часу;
- менше ущільнення ґрунту.

Технологічний процес заготівлі сіна починається зі скошування за допомогою передньої косарки, яка забезпечує зрізання трав'яної маси на заданій висоті та її рівномірне розташування на поверхні поля (рис. 3.6).

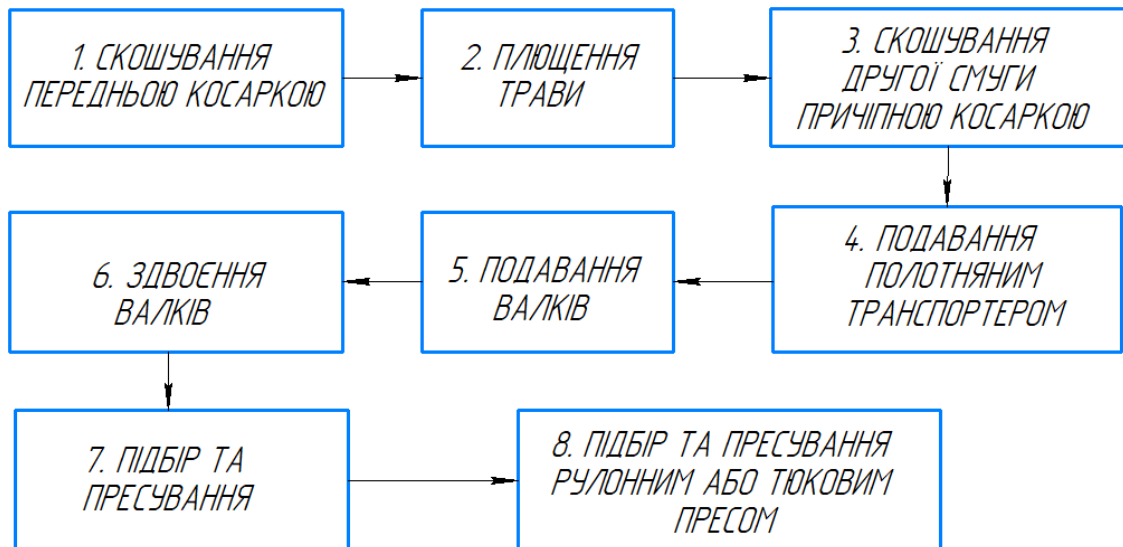


Рис. 3.6. Схема технологічного процесу заготівлення трав'яної маси.

Після цього проводиться плющення трави, що дозволяє руйнувати стеблову тканину і забезпечує швидше підсихання рослинної маси, зменшуючи вологість і покращуючи якість корму. Наступним етапом формується первинний валок, який представляє собою рівномірно укладену смугу обробленої трави, готову для подальшої обробки.

Після формування первинного валка здійснюється скошування другої смуги трави за допомогою причіпної косарки, яка дозволяє ефективно працювати на ширших площах та забезпечує повне охоплення ділянки поля. Скошена маса потім подається на наступний етап технологічного процесу за допомогою полотняного транспортера, який акуратно переміщує траву до місця формування основних валків. На цьому етапі відбувається здвоєння валків, що забезпечує щільне укладання маси та підготовку її до пресування.

Завершальним етапом є підбір сформованих валків та їх пресування за допомогою рулонного або тюкового преса, що дозволяє отримати компактні

рулони або тюки, які легко транспортуються та зберігаються, зберігаючи високі кормові якості трав'яної маси.

3.2 Розрахунок параметрів удосконаленої косарки-плющилки

Основним агрегатом косарки що впливає на показники продуктивності є транспортер косарки, який призначений для переміщення рослинної маси у напрямку, перпендикулярному до осі машини-тракторного агрегату (МТА), з метою формування валка. Проведемо розрахунок його основних параметрів.

Інтенсивність подачі рослинної маси на транспортер визначається відповідною формулою:

$$q = B_v Y ;$$

де, B – робоча ширина захвату косарки, м;

v – швидкість руху МТА, приймаємо 12 км/год;

Y - урожайність рослинної маси.

$$q = 3 \cdot 3,33 \cdot 0,4 = 4 \text{ кг/с.}$$

Процес відриву рослин від транспортера можна описати за допомогою виразу:

$$u_{mp} \geq \sqrt{9,8 \cdot r} ;$$

де, r – радіус вектор від осі обертання до прошарку рослин на полотні.

Попередньо приймаємо $r = 0,25$ м.

$$u_{mp} \geq \sqrt{9,8 \cdot 0,25} = 1,57 \text{ м/с.}$$

Приймаємо швидкість транспортера 2 м/с [1,2]. Товщина прошарку рослин на транспортері наявна за формулою:

$$h = \frac{q}{P_p l u_{mp}} ;$$

де P_p – щільність (густина) рослинної маси;

l середня довжина стебла рослини.

$$h = \frac{4}{0,45 \cdot 0,7 \cdot 2} = 6,35 \text{ см.}$$

Для виконання розрахунку полотна слід прийняти стандартне значення швидкості. відповідно до вимог ДСТУ [11] м/с. Ширину полотна визначають за такою формулою:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{v P_p k k_\beta}} + 0,05 \right);$$

де, Q – продуктивність елеватора, т/год;

k – коефіцієнт кута природного відкосу матеріалу;

k_β – коефіцієнт кута нахилу конвеєра

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{14,4}{2 \cdot 0,7 \cdot 240 \cdot 0,98}} + 0,05 \right) = 0,29 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину полотна 0,5 м.

Визначимо тягову силу для переміщення конвеєра:

$$F_0 = [\omega L_T (q + q_k) + qH] g k_k ;$$

де, ω – коефіцієнт опору;

L_T – довжина проекції елеватора на горизонтальну площину, м;

q – погонна маса вантажу, кг/м;

q_k – погонна маса конвеєра, кг/м;

H – відстань переміщення вантажу, м;

k_k – коефіцієнт геометричних параметрів елеватора

Коефіцієнт геометричних параметрів визначається за формулою:

$$k_k = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5$$

де, $k_1 k_2 k_3 k_4 k_5$ – коефіцієнти геометричних параметрів елеватора:

$$k_k = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2.$$

$$F_0 = [0,018 \cdot 3,1(1,6 + 6,1) + 1,6 \cdot 0,3] 9,81 \cdot 1,2 = 107 \text{ Н.}$$

Максимальний статичний натяг стрічки:

$$F_{\max} = k_3 F_0;$$

де, k_3 – коефіцієнт зчеплення стрічки з барабаном:

$$F_{\max} = 1,44 \cdot 107 = 154,1 \text{ Н.}$$

Міцність гумової стрічки визначається за формулою [10]:

$$16000 \frac{40}{9} = 71111,11 \geq 154,1.$$

Отже, умова міцності виконується. Відзначимо, що ми вибрали гумову стрічку типу РТЛ (ТУ 38 105841-75) Тепер можемо визначити потужність, необхідну для приводу елеватора

$$P = \frac{F_0 v}{10^3 \eta_{\text{пр}}};$$

де, $\eta_{\text{пр}}$ – к.к.д. приводного барабана.

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{1}{1 + \varpi_6(2k_3 - 1)};$$

де, ϖ_6 – коефіцієнт опору барабана.

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{1}{1 + 0,04(2 \cdot 0,8 - 1)} = 0,977.$$

$$P = \frac{107 \cdot 2}{10^3 \cdot 0,977} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Потужність приводу, з урахуванням коефіцієнта запасу, розраховується за формулою:

$$P = \frac{kP}{\eta};$$

де, η – к.к.д приводу від двигуна;

k – коефіцієнт запасу

$$P = \frac{1,35 \cdot 0,3}{0,91} = 0,45 \text{ кВт.}$$

Отже, для приводу елеватора необхідно 0,45 кВт потужності.

Визначимо частоту обертання приводного вала [11, 16]:

$$n = \frac{60v}{\pi D_{\text{п.б.}}};$$

де, $D_{\text{п.б.}}$ – діаметр приводного барабана, м.

$$n = \frac{60 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,1} = 382 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнена продуктивність елеватора визначається за формулою:

$$Q = k k_p (0,9B - 0,05)^2 v p;$$

$$Q = 240 \cdot 1(0,9 \cdot 0,5 - 0,05)^2 \cdot 0,7 = 53,76 \text{ м/год.}$$

Таким чином, для забезпечення роботи приводу елеватора потрібна потужність 0,45 кВт, а частота обертання вала приводу становить 382 об/хв.

3.3 Аналіз умов подачі рослинної маси у зону плющення

Для забезпечення захоплення скошених стебел під час роботи машини необхідно, щоб після дії на них плющильної секції, розташованої над ріжучим апаратом ротаційного типу, вони потрапили в робочу щілину плющильного апарата та пройшли процес плющення. Верхні частини гумових стрічок знаходяться в точках D_{Π} і $D_{\text{Л}}$.

Оскільки плющення здійснюється лише з верхньої частини половини стебел, мінімальна технічна довжина стебла, що підлягає розплющуванню (за умови, що воно затискається в робочій щілині перпендикулярно до площини ріжучого апарата), повинна становити:

$$B_p + a_{\Pi}'' D_{\Pi},$$

де B_p – це ширина направляючого та одночасно брального паса, що становить половину середньої висоти стебел люцерни, тобто 0,4 м.

Позначимо технічну довжину стебла через l_T . Тоді умову забезпечення захоплення всіх стебел на поверхні поля можна записати у вигляді:

$$B_p + a_{\Pi}'' D_{\Pi} \leq l_T.$$

Позначимо співвідношення технічної частини стебла до його повної довжини коефіцієнтом K_C , а повну довжину стебла через l_0 . Тоді можна записати:

$$l_T = K_C * l_0 = 1,2 * 0,8 = 0,96 \text{ м,}$$

де l_0 – це загальна довжина стебла в стеблостой. У розрахунках приймається середнє значення довжини стебла, що становить 0,8 м.

За таких умов для забезпечення зрізування всіх стебел, розташованих на поверхні поля, має виконуватися наступна умова:

$$B_p + \sqrt{h^2 + L_{\Pi}^2 \sin^2 \beta_{\Pi} + l_{\Pi}^2} \leq K_C l_0$$

$$0,887 \leq 0,96 \text{ м}$$

Отже, наведені нерівності визначають умову повного захоплення машиною всіх стебел на полі, тобто забезпечують збирання без втрат урожаю. У даній конструкції машини, відповідно до проведених розрахунків, зазначена умова повністю дотримується.

Розглянемо процес захоплення та підведення рослинної маси за допомогою безкінечних гумових стрічок. У випадку, коли швидкості руху стрічок однакові $v_1 = v_2$, на рослину діють сили тертя F_{1C} та F_{2C} з боку стрічок 1 і 2 відповідно.

За умови рівних коефіцієнтів тертя між поверхнею рослини та стрічками, які розташовані під певним кутом, і за відсутності перекочування матеріалу, рослина надійно захоплюється стрічками та не вислизає з робочої зони, якщо виконується відповідна умова рівноваги сил:

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi \text{ або } F_{1C} = F_{2C} = F_T$$

Якщо кут між зжимаючими поверхнями:

$$\lambda_3 \leq 2 \varphi,$$

де φ - кут тертя рослинної маси по зжимаючих поверхнях, який прийнято рівним $\arctg(0,4)$. При врахуванні процесу перекочування рослинної маси по стрічках 1 і 2 (рис. 3.7 б) за умови однакових коефіцієнтів перекочування.

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

Після множення обох частин виразу на знаменник дробу та поділу всіх його членів на $(1 + \tg \varphi \tg \varphi_k)^2$, отримуємо наступний результат.

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

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

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

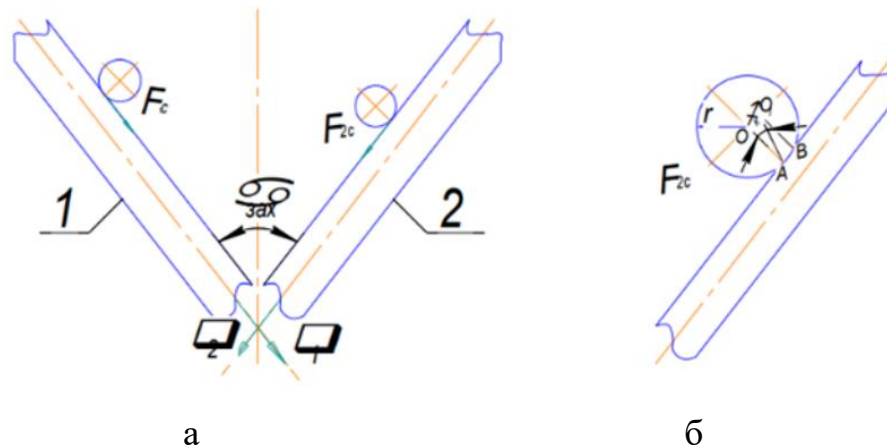


Рис. 3.7. Схеми визначення умови брання та підводу стебел: а) при урахуванні коефіцієнта тертя; б) при урахуванні коефіцієнта перекочування.

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

де φ – кут кінетичного тертя ковзання рослини по затягувальних гумових стрічках;

φ_k – кут тертя кочення рослини по гумових стрічках, що визначається як $\varphi_k = \arcsin(k / r) = \arcsin(0,8 / 2,5) = \arcsin(0,5333) \approx 12^\circ$,

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

Оскільки середня висота люцерни становить 80 см, то $k = 0,8$. Радіус досліджуваного стебла приймається рівним $r = 2,5$ м згідно з результатами експериментальних досліджень. Таким чином, рослина буде захоплюватися затягувальними стрічками 1 і 2 під кутом їх сходження, оскільки кут захоплення є меншим за подвійну різницю між кутом тертя ковзання та кутом тертя кочення рослини по гумовій поверхні.

Отже умови подачі рослинної маси в зону плющення визначають ефективність роботи машини та якість обробленого матеріалу. Важливими факторами є рівномірність потоку маси, швидкість її переміщення та орієнтація стебел під час входження в робочу зону. Оптимальна подача забезпечує стабільне навантаження на робочі органи, зменшує втрати та запобігає забиванню механізму. Також значення має конструкція подаючих елементів, їхня здатність формувати спрямований покis і уникати

перехрещення або заклинювання стебел. Правильно організована подача рослинної маси забезпечує рівномірне плющення, покращує сушіння корму та підвищує загальну продуктивність агрегату.

Висновки до розділу III

В розділі розглянуто сучасні конструктивні рішення косарок-плющилок. Сучасні косарки-плющилки спрямовані на підвищення продуктивності, покращення якості заготівлі кормів і зниження енергетичних витрат, що робить їх невід'ємною частиною вискоєфективних технологій у кормовиробництві.

Для підвищення продуктивності МТА при скошуванні трав із плющенням пропонується одночасне використання двох косарок: на передню навісну систему навісної та причіпної. При цьому причіпну косарку вдосконалено за допомогою пристосування для здвоєння валка з передньої косарки. Розробка дозволяє більш ефективно завантажувати прес-підбирач, скорочуючи кількість проходів по полю, що забезпечує економію палива, мастильних матеріалів та часу. Було здійснено розрахунок транспортера косарки з урахуванням основних технічних параметрів, умов роботи та призначення машини.

Обрані параметри транспортного механізму забезпечують ефективність функціонування косарки, довговічність її вузлів і підвищення продуктивності агрегату в цілому. У результаті проведеного аналізу умов подачі рослинної маси у зону плющення встановлено, що ефективність роботи плющильного апарата значною мірою залежить від рівномірності та стабільності подачі зеленої маси. Оптимальна подача забезпечує повноцінне руйнування зовнішніх оболонок стебел, що сприяє інтенсивнішому виділенню клітинного соку та прискорює процес підв'ялення.

РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Потенційні ризики та заходи безпеки під час виконання робіт із заготівлі сіна.

Травмування може статися внаслідок контакту з рухомими вузлами, механізмами та деталями трактора, машин і агрегатів. З метою запобігання нещасним випадкам забороняється перебувати поблизу неогороджених рухомих частин техніки. Роботу необхідно розпочинати лише за умови наявності всіх захисних огорожень на механізмах, вузлах і деталях трактора чи агрегованих машин. Слід постійно контролювати справність, надійність кріплення та фіксацію захисних елементів. Усі огороження мають бути встановлені відповідно до вимог конструкції машини [1, 3].

Забороняється працювати на техніці з послабленими кріпленнями вузлів або агрегатів. Необхідно забезпечити, щоб вал відбору потужності не міг самовільно вмикатися ні під час руху, ні при зупинці трактора.

Під час роботи машини суворо заборонено проводити перевірку чи регулювання робочих органів, натягувати паси або ланцюги, усувати несправності чи здійснювати змащування. Усі ці операції допускається виконувати лише при повністю зупиненому двигуні.

Заміна ножів ріжучого апарата повинна здійснюватися двома працівниками у захисних рукавицях. Під час демонтажу чи монтажу ніж слід утримувати за п'ятку, а у випадку його заклинювання у пальцевому брусі усувати заїдання за допомогою дерев'яного бруска довжиною не менше 400 мм.

Після повної зупинки машини важіль коробки передач обов'язково переводять у нейтральне положення, а вал відбору потужності вимикають. Травмування може статися під час виконання ремонтних, регулювальних, технічних або очисних робіт машин, агрегатів, вузлів і робочих органів.

Забороняється здійснювати ремонт чи регулювання окремих вузлів машини під час роботи двигуна трактора. Усі види регулювальних робіт та технічного обслуговування необхідно виконувати лише після повної зупинки машини та вимкненого двигуна трактора. Забороняється виконувати будь-які операції під машиною без попереднього встановлення гальмових башмаків під колеса.

Перед початком робіт під агрегатом його слід надійно загальмувати, а під колеса обов'язково підкласти гальмові башмаки. Якщо машина піднята за допомогою домкрата, необхідно під місця піддомкращування встановити спеціальні підставки, що забезпечують стійке положення агрегату. Використання для цього ящиків, каміння, цегли чи деталей машин категорично забороняється.

У випадку піддомкращування на пухкому ґрунті під домкрат слід підкласти міцну дерев'яну дошку, уникаючи застосування крихких або ненадійних матеріалів.

Очищення, регулювання робочих органів, усунення несправностей та огляд машин дозволяється проводити лише після повної зупинки агрегату, вимкнення двигуна та зупинки всіх робочих органів. Після виконання ремонтних або регулювальних робіт не допускається залишати інструменти чи пристосування на машині. Під час очищення грабельних барабанів необхідно повністю зупинити машину та вимкнути храпові муфти коробок. При видаленні сіна із зубців категорично забороняється ставити ноги під піднятий грабельний апарат.

4.2 Контроль справності техніки та дотримання правил безпечної експлуатації

Перед початком роботи з косаркою-плющилкою дуже важливо здійснити ретельний контроль її справності та переконатися у дотриманні правил безпечної експлуатації. Насамперед оператор повинен уважно

оглянути всі вузли і деталі машини, перевіряючи відсутність видимих пошкоджень, тріщин чи зношування елементів, які беруть участь у процесі скошування та плющення трав'яної маси. Особлива увага приділяється робочим органам, таким як ріжучі апарати, вальці та привідні механізми, оскільки їх несправність може призвести до аварійних ситуацій або травмування персоналу.

Важливо також оцінити стан ходової частини та зчіпних механізмів для безпечного приєднання косарки-плющилки до трактора. Будь-які сторонні предмети або дефекти, що могли утворитися під час зберігання або транспортування, усуваються до початку роботи. Тільки після повного огляду та усунення недоліків агрегат допускається до експлуатації.

Далі перевіряють стан робочих рідин і мастильних матеріалів, переконуючись, що всі точки змащування оброблені відповідними мастилами, а рівень масла та гідравлічних рідин відповідає нормативним вимогам. Також необхідно оглянути ремені, ланцюги та шестерні, перевірити натяг і відсутність люфтів, які можуть впливати на стабільність роботи машини.

Не менш важливим є дотримання правил безпеки. Перед початком роботи оператор повинен переконатися, що всі захисні кожухи та щитки встановлені на місці, а зона роботи машини вільна від сторонніх осіб, тварин або перешкод, які можуть створити небезпечні ситуації. Крім того, слід перевірити робоче місце на наявність нерівностей, каміння або великих гілок, які можуть пошкодити обладнання.

Після завершення огляду і усунення можливих недоліків оператор проводить тестовий запуск машини на невеликій ділянці, стежачи за роботою всіх механізмів і реакцією косарки-плющилки. У разі будь-яких аномалій роботу слід припинити та здійснити додатковий технічний огляд або ремонт. Такий системний підхід до контролю справності та дотримання правил безпеки забезпечує надійну та безпечну експлуатацію машини протягом всього робочого процесу.

4.3 Використання засобів індивідуального захисту в агротехнічній сфері

При проведенні робіт із використанням сільськогосподарської техніки чи іншого обладнання надзвичайно важливо дотримуватися правил безпеки та застосовувати засоби індивідуального захисту. Серед таких засобів особливу увагу слід приділяти рукавицям, які захищають руки від порізів, подряпин і контакту з шкідливими речовинами, захисним окулярам, що оберігають очі від пилу, дрібних часток рослинності та інших потенційно небезпечних об'єктів, а також спеціальному захисному взуттю, яке запобігає травмуванню ніг при роботі з важким або гострим обладнанням.

У агротехнічній сфері, де працівники безпосередньо контактують із рослинною масою, ґрунтом, пестицидами, добривами та різними механізмами, питання безпеки та охорони праці є надзвичайно актуальним. Одним із основних засобів захисту людини від шкідливих факторів виробничого середовища є засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Використання таких засобів спрямоване на збереження фізичного та психічного здоров'я працівників, зменшення ризику травматизму та професійних захворювань, а також на підвищення продуктивності праці.

У аграрному виробництві робочі піддаються впливу широкого спектра шкідливих факторів. До них відносяться механічні, хімічні, біологічні та фізичні небезпеки. Механічні фактори пов'язані із роботою із сільськогосподарською технікою, інструментами та обладнанням, де існує ризик травмування, порізів, забоїв чи потрапляння сторонніх предметів у очі.

Хімічні фактори виникають при використанні пестицидів, гербіцидів, добрив та інших агрохімікатів, які можуть потрапляти на шкіру, слизові оболонки чи через дихальні шляхи. Біологічні фактори включають контакт із рослинами, тваринами, бактеріями та грибами, здатними викликати алергії або інфекційні захворювання. Фізичні фактори включають шум, вібрацію, високі чи низькі температури та ультрафіолетове випромінювання.

Для ефективного захисту працівників у агротехнічній сфері використовуються різноманітні засоби індивідуального захисту, які класифікують за типом шкідливого впливу. До них належать засоби захисту органів дихання, зору, слуху, рук, тіла та ніг. Захист органів дихання забезпечується спеціальними респіраторами та масками, які перешкоджають потраплянню пилу, аерозолів, токсичних хімічних речовин і спор грибків у дихальні шляхи. Особливу увагу приділяють респіраторам із фільтрувальними елементами для роботи з пестицидами та гербіцидами, адже невелика концентрація хімічної речовини у повітрі може спричинити серйозні захворювання легенів і слизових оболонок.

Захист органів зору забезпечують спеціальні окуляри, щитки та маски, які запобігають травмам очей від пилу, рослинних часток, бризок хімічних речовин чи світлового випромінювання. Для роботи із сільськогосподарською технікою, де можливе потрапляння дрібних предметів під високим тиском, використовують захисні щитки та окуляри із посиленою міцністю скла. Одночасно із захистом зору необхідним є захист слуху: тривале перебування поряд із гучними машинами, тракторами, комбайнами або пилозбірними системами може викликати професійний шумовий неврит, тому застосовуються спеціальні навушники, протишумові вставки та ковпаки.

Засоби захисту рук та тіла включають спеціальні рукавички, комбінезони, фартухи, жилети та захисне взуття. Рукавички виготовляються із матеріалів, стійких до механічних пошкоджень та хімічних впливів, що дозволяє працівнику працювати із добривами, пестицидами, інструментами та обладнанням без ризику порізів або хімічних опіків.

Комбінезони та спецодяг перешкоджають контакту шкіри із шкідливими речовинами та мікроорганізмами, забезпечуючи одночасно вентиляцію та комфорт під час роботи в теплу пору року. Захисне взуття є важливим елементом безпеки, оскільки зменшує ризик травмування ніг при

падінні важких предметів, роботі на слизькій чи нерівній поверхні, а також при контакті із хімікатами чи вологим ґрунтом.

Особливу увагу приділяють правильному використанню ЗІЗ. Від того, наскільки працівник дотримується правил носіння та обслуговування засобів захисту, залежить їх ефективність. Респіратори та маски повинні підбиратися відповідно до типу шкідливих факторів і розмірів обличчя, забезпечуючи щільне прилягання. Окуляри та щитки мають бути чистими, без тріщин та подряпин, які можуть знижувати видимість і захист. Одяг та рукавички слід регулярно прати та очищати, а взуття перевіряти на наявність ушкоджень.

Крім того, важливе навчання працівників правилам використання засобів індивідуального захисту та інструктаж із техніки безпеки.

Використання ЗІЗ у агротехнічній сфері не тільки підвищує безпеку праці, але й сприяє покращенню продуктивності. Працівник, який захищений від шкідливих факторів і дискомфорту, виконує завдання швидше, точніше та з меншим ризиком помилок. З точки зору організації праці, інвестиції в якісні засоби захисту виправдовують себе зменшенням кількості нещасних випадків, лікарняних і витрат на компенсації.

Сучасні тенденції розвитку агротехнічної сфери включають інтеграцію інноваційних матеріалів у виготовлення ЗІЗ, таких як дихаючі, водовідштовхувальні тканини, стійкі до хімічних впливів, легкі, але міцні матеріали для захисного одягу, а також цифрові технології, що дозволяють контролювати стан респіраторів та інших пристроїв захисту. Використання таких засобів сприяє не тільки покращенню безпеки, але й зменшенню фізичного навантаження на працівника та підвищенню комфорту під час тривалої роботи на відкритому повітрі чи у закритих приміщеннях.

Таким чином, використання засобів індивідуального захисту в агротехнічній сфері є невід'ємною складовою системи охорони праці. Вони забезпечують комплексний захист органів дихання, зору, слуху, шкіри та кінцівок від механічних, хімічних, біологічних та фізичних шкідливих факторів. Ретельний вибір, правильне використання та своєчасне

обслуговування ЗІЗ дозволяють мінімізувати ризики травматизму та професійних захворювань, сприяють підвищенню продуктивності праці та забезпечують безпечне і ефективне функціонування аграрного виробництва.

Окрім цього, сучасні технологічні підходи та інноваційні матеріали роблять засоби індивідуального захисту більш ефективними та комфортними, що підвищує мотивацію працівників дотримуватися правил безпеки та підтримує загальну культуру охорони праці в агротехнічній сфері.

Висновки до розділу IV

У розділі було розглянуто основні заходи безпеки під час виконання робіт із заготівлі сіна. Дотримання вимог охорони праці є необхідною умовою для запобігання травматизму та забезпечення ефективної роботи персоналу.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що контроль технічного стану сільськогосподарської техніки є важливою складовою безпечної та ефективної експлуатації машинно-тракторного парку.

Аналіз показав, що застосування сучасних засобів індивідуального захисту є важливим елементом забезпечення безпеки праці під час виконання технологічних операцій у рослинництві, тваринництві та під час роботи з агротехнічними машинами.

Отже, впровадження комплексної системи захисту в агротехнічній діяльності сприяє підвищенню рівня охорони праці, зменшенню виробничого травматизму та забезпеченню стабільної і безпечної роботи персоналу в умовах сільськогосподарського виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В теоретичному розділі розглянуто технологічні та агротехнічні вимоги до процесу заготівлі трав. У результаті аналізу способів та технологій приготування сіна та сінажу встановлено, що ефективність збереження поживних речовин у кормах значною мірою залежить від дотримання технологічних вимог на всіх етапах заготівлі від скошування до зберігання.

У технологічному розділі проведено обґрунтування конструктивних особливостей різальних апаратів кормозбиральних машин. Проаналізовано технічні засоби, призначені для здійснення процесу скошування трави методом її плющення. Визначено, що машини відрізняються за типом плющильних апаратів кожен із яких має свої переваги залежно від виду скошуваних культур і умов роботи. Детально розглянуто технологічний процес заготівлі сінажу з бобових трав, який є важливою складовою системи заготівлі кормів для тваринництва. Проаналізовано взаємозв'язок між швидкістю руху трактора, частотою обертання робочого органа та якістю заготівлі сінажу.

В розрахунково-конструктивному розділі розглянуто сучасні конструктивні рішення косарок-плющилок. Для підвищення продуктивності МТА при скошуванні трав із плющенням пропонується одночасне використання двох косарок: на передню навісну систему навісної та причіпної. При цьому причіпну косарку вдосконалено за допомогою пристосування для здвоєння валка з передньої косарки. Розробка дозволяє більш ефективно завантажувати прес-підбирач, скорочуючи кількість проходів по полю, що забезпечує економію палива, мастильних матеріалів та часу. Здійснено розрахунок транспортера косарки з урахуванням основних технічних параметрів, умов роботи та призначення машини. Проведено аналіз умов подачі рослинної маси у зону плющення.

Також визначено основні заходи безпеки під час виконання робіт із заготівлі сіна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабенко В. І. Основи землеробства. К. : Вища освіта, 2018. 352 с
2. Дьяков О. В., Кравець Р. І. Основи конструювання сільськогосподарських машин. К.: Аграрна освіта, 2020. – 296 с.
3. Лавренко П. М. «Основи сучасного землеробства». Київ: Академія, 2017.
4. Лапін В. М. Безпека життєдіяльності людини. Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2020. 188 с.
5. Лехман С. Д. і ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. К. : Урожай, 2019. 452 с.
6. Машина для земляних робіт: Навчальний посібник. Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В., Скоблюк М. П., Нікітін В. Г.
7. Юрченко І. В. Агроєкологія та техніка в сільському господарстві. К.: Ліра-К, 2018. 310 с.
8. Макаренко П. І. Механізація сільського господарства. Київ: Арістей, 2018. 256 с.
9. Іванов І. І. Оптимізація параметрів косарок-плющилок для підвищення якості заготівлі сінажу. Київ: Агроінформ, 2020. 120 с.
10. Петренко О. В. Безпека праці при роботі з кормозбиральною технікою. Чернівці: Буковинський університет, 2017. 150 с.
11. Петров П. П. Дослідження ефективності косарок-плющилок. *Механізація сільського господарства*. 2019. Т. 45, № 3. С. 45–50.
12. Сидоренко С. С. Розробка нових конструкцій косарок-плющилок: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Харків, 2018. 180 с
13. Коваленко К. К. Сучасні тенденції в аграрній техніці. *Техніка і технології агропромислового комплексу*. 2021. №6. С. 112–118.
14. Ткаченко В.В. Моделювання роботи косарок-плющилок для підвищення ефективності заготівлі сінажу: дис. канд. техн. наук: 05.20.01. Харків, 2019. 180 с.

15. Петрова Н. В. Розробка методики оптимізації параметрів косарки-плющилки. Одеса : ОНАХТ, 2018. 80 с.
16. Шевченко О. М. Вплив конструктивних параметрів косарок-плющилок на якість сінажу. Вінниця : ВНАУ, 2013. 90 с.
17. Кравчук А. В. Аналіз параметрів косарок-плющилок для підвищення якості сінажу. Тернопіль : ТНАУ, 2010. 76 с.
18. Пугач А. М. Теоретичне обґрунтування параметрів косарки-плющилки для підвищення ефективності заготівлі сінажу. Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 72 с.
19. Мельник В. М. Моделювання процесу плющення рослинної маси косаркою-плющилкою. Київ : НАУ, 2020. 75 с.
20. Іванов С. І. Аналіз ефективності різних типів косарок-плющилок. Львів : НУХТ, 2019. 60 с.