

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
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:

**Удосконалення технології заготівлі кормів  
з обґрунтуванням параметрів і режиму  
роботи косарки**

**Виконав:** студент факультету за спеціальністю  
208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Пушний Артур Віталійович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Кобець Анатолій Степанович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро, 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри тракторів і  
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

керівник роботи \_\_\_\_\_

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## АНОТАЦІЯ

Пушний А.В. Удосконалення технології заготівлі кормів з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи косарки/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 77 с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій вирощування люцерни і розроблено технологію вирощування і збирання цієї цінної кормової культури для умов і на замовлення селянського фермерського господарства «Нове» Царичанського району Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Розроблена конструкція роторної косарки-плющилки для прискорення процесу прив'ялення (сушіння) бобових трав та проведені розрахунки основних параметрів і режиму його роботи.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні і збиранні люцерни і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування удосконалень на практиці становить 339870,9 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року використання.

Ключові слова: люцерна, технологія, косарка-плющилка, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЮЦЕРНИ. ....	9
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ І ЗБИРАННЯ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА. ....	13
2.1 Агротехніка вирощування люцерни. ....	13
2.2 Технології заготівлі кормів та комплекси машин. ....	18
3 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ І ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОСАРКИ. ....	29
3.1 Агровимоги до машин для заготівлі кормів. ....	29
3.2 Обґрунтування удосконалення машини. ....	30
4 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ. ....	32
4.1 Вибір конструкції вала ротора. ....	32
4.2 Розрахунок діаметра вихідного кінця ротора та шпонкового з'єднання. ....	33
4.3 Перевірочний розрахунок вала. ....	34
4.4 Розрахунок пасової передачі. ....	36
5 ОБГРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗ- НИКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СКОШУВАННЯ ТРАВ. ....	42
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	52
6.1 Правила техніки безпеки при виконанні робіт. ....	52
6.2 Охорона праці при вирощуванні люцерни і заготівлі кормів. ....	55
6.3 Розрахунок засобів індивідуального захисту. ....	56
6.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці. ....	57
7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. ....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	67
Д О Д А Т К И. ....	69

## ВСТУП

Аграрний сектор завжди відігравав одну з найважливіших ролей у розвитку вітчизняної економіки. Війна, розпочата російськими загарбниками, болісно вдарила по українському сільськогосподарському виробництву. Вона призвела до значних матеріальних та фінансових збитків, втрат урожаю, порушення логістики. Велика кількість посівних площ нині замінована або непридатна до використання через наслідки масованих бомбардувань, до частини земель немає доступу, ворог свідомо знищує склади та сільгосптехніку. На сьогодні збитки, завдані агросектору України внаслідок активних бойових дій, обчислюються мільярдами доларів [1, 2].

Дефіцит енергетичних та людських ресурсів, а також нестійкі погодні умови ускладнюють виробництво прогнозованої кількості кормів в умовах воєнного стану. Для забезпечення продовольчої безпеки вітчизняні товаровиробники мають виробити молока – на рівні 8230 тис. тонн, м'яса великої рогатої худоби – 135 тис. тонн, свинини – 600 тис. тонн, м'яса птиці – 1620 тис. тонн, яєць – 4,1 млрд. шт. Для забезпечення такого виробництва обсягів тваринницької продукції галузь кормовиробництва повинна забезпечити заготівлю кормів на рівні 1,7 млн т сіна, 7,6 млн т сінажу та 30,5 млн т силосу [3, 4].

Для швидкого відновлення поголів'я великої рогатої худоби та насичення продовольчого ринку України вітчизняними молоко- та м'ясопродуктами необхідно, щоб тваринництвом активно зайнялися малі та середні фермерські та інших форм власності господарства, оскільки коштів на відновлення великих тваринницьких ферм немає ні у держави, ні у самих господарників. Проте не кожне, навіть успішне, господарство може знайти кошти на придбання племінного стада та будівництва приміщень ферм. Крім цього, ще потрібно

придбати техніку для заготівлі кормів та налагодити їх зберігання, та й для годівлі худоби теж необхідна техніка.

До війни в Україні потрібно було скошувати на рік близько 12 млн. га трав для заготівлі тваринам сіна та сінажу. Потреба у підвищенні якості кормів зумовлена істотним впливом її на продуктивність тварин, технологічні та дієтичні властивості тваринницької продукції. Наукові дослідження і виробничий досвід свідчать, що підвищення якості кормів рівнозначне збільшенню їх кількості. Так, для одержання 1 т м'яса і молока першокласних кормів потрібно на 30 – 35% менше, ніж кормів третього класу.

Важливим фактором при заготівлі сінажу є зведення до мінімуму тривалості перебування скошеної зеленої маси рослин в полі під час прив'ялення. З цією метою для скошування бобових та бобово-злакових травостоїв використовують косарки-плющилки, при скошуванні якими досягається рівномірне зниження вологості сировини, що забезпечує збереження листків та суцвіть від пересихання та обламування під час підняття маси з валків і в 2-3 рази прискорюється процес прив'ялення.

Скошування багаторічних трав для заготівлі сінажу, на відміну від звичайного збирання на сіно, проводять не пізніше початку бутонізації бобових та початку колосіння злакових компонентів. Це дає змогу одержати із багаторічних трав корм, за загальною протеїновою поживністю сухої речовини такий, що мало відрізняється від трави доброго пасовища та є кращим за сіно. Скошування рослин в ранні фази вегетації вигідне ще й тим, що дає змогу одержати повноцінніший другий укіс трав, і, як результат, більший загальний збір перетравних поживних речовин, особливо протеїну. Запізнення із збиранням трав, особливо у вологозабезпеченні роки, призводить також до вилягання рослин, що погіршує їх скошування і нерідко призводить до недобору сухих речовин.

Провідне місце у вирішенні проблеми виробництва дешевого та високоякісного рослинного білка посідає люцерна посівна, з якою за

виходом протеїну та інших поживних речовин з одиниці площі не можуть конкурувати ні одна кормова культура.

Розширення посівних площ під люцерною дасть змогу значно збільшити заготівлю високоякісних кормів, особливо сінажу та сіна, що в свою чергу сприятиме зменшенню витрат дорогих концентрованих кормів.

Під час формування собівартості тваринницької продукції вартість кормів, якщо порівняти з іншими статтями витрат, займає домінуюче місце, тому найбільше зумовлює рівень конкурентоспроможності на ринку цих видів продукції. Зниження собівартості сіна, сінажу і інших грубих кормів для тваринництва, приведе і до зниження собівартості цієї продукції.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології заготівлі кормів з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи удосконаленої роторної косарки в умовах селянського фермерського господарства (СФГ) “Нове” Дніпровського району Дніпропетровської області.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЮЦЕРНИ

Люцерна дуже цінна багаторічна трава. Швидко відростає після скошування. При належній агротехніці дає високі врожаї зеленої маси і сіна, багатих на білок, вітаміни, мінеральні речовини. За поживністю 100 кг сіна люцерни дорівнює 48,2 к.од. та містить 8,5 кг перетравного білка [5].

Люцерна здатна втягувати у ґрунт до 5 см кореневу шийку, що значно підвищує її зимостійкість і менше витоπτується худобою, посухостійка.

Рід люцерни (*Medicago L.*) об'єднує близько 50 видів. Серед них найбільше господарське значення мають люцерна посівна, або синя (*Medicago saliva L.*), і жовта (*Medicago falcata Z.*).

У синьої люцерни листки більші, а у жовтої – менші, більш видовжені, ланцетні, густо опушені з нижнього боку довгими волосками.

Люцерна синя має фіолетові квітки різних відтінків, а жовта – жовті. У синьої боби спіральне скручені (від 1 до 5 обертів), а у жовтої – серпоподібні або прямі. Ці два види легко схрещуються між собою і дають дуже цінні гібриди, які поширені в Україні.

*Коренева система* добре розвинена, стрижнева, складається з головного і сильнорозвинених бічних коренів, які проникають у ґрунт на глибину 8–10 м і більше. Основна маса коренів розміщується у верхньому шарі ґрунту до 25–30 см.

*Стебло* гіллясте, трав'янисте, утворює сильний кущ, заввишки 100—150 см, добре облиственене.

*Листки* трійчасті. Середній листочок на довгому черешку. Листки із зубчиками на верхній частині, еліпсоподібної, обер-ненояйцеподібної, вузьколанцетної або майже округлої форми. Маса їх – 30 – 60% загальної маси врожаю [5].



Рисунок 1.1 - Люцерна серповидна (а) і хмелевидна

*Квітки* волотистої форми, складаються із чашечки (п'ять чашолистиків), віночка з п'яти пелюсток, різних за розміром, 10 тичинок, з яких 9 зростаються, та маточки. *Суцвіття* - циліндрична або головчаста китиця. *Плід* - багатонасінний біб, спіральне зігнутий (2-5 обертів), коричневого або бурого забарвлення.

*Насіння* ниркоподібне, дрібне, жовте або жовто-буре. Маса 1000 насінин - 1,8—2,5 г. Утворює багато твердого насіння.

*Сорти*: Анді, Вінничанка, Вавіловка 2, Верко, Веселоподо-лянська 11, Зайкевича, Мрія одеська, Полтавчанка, Унітро, Херсонська 7, Херсонська 9, Ярославна та інші.

Люцерна посівна (за В.А.Ахундовою) проходить дванадцять етапів органогенезу. На I етапі рослина знаходиться у фазі сходів, складається із конуса наростання верхівкової бруньки і двох листкових зачатків. Основну масу пагонів гілкування становлять пагони другого та наступних порядків. Тривалість життя окремих пагонів становить рік, а при скошуванні менше. Зимуює люцерна на I етапі у вигляді укорочених пагонів, які мають недиферен-

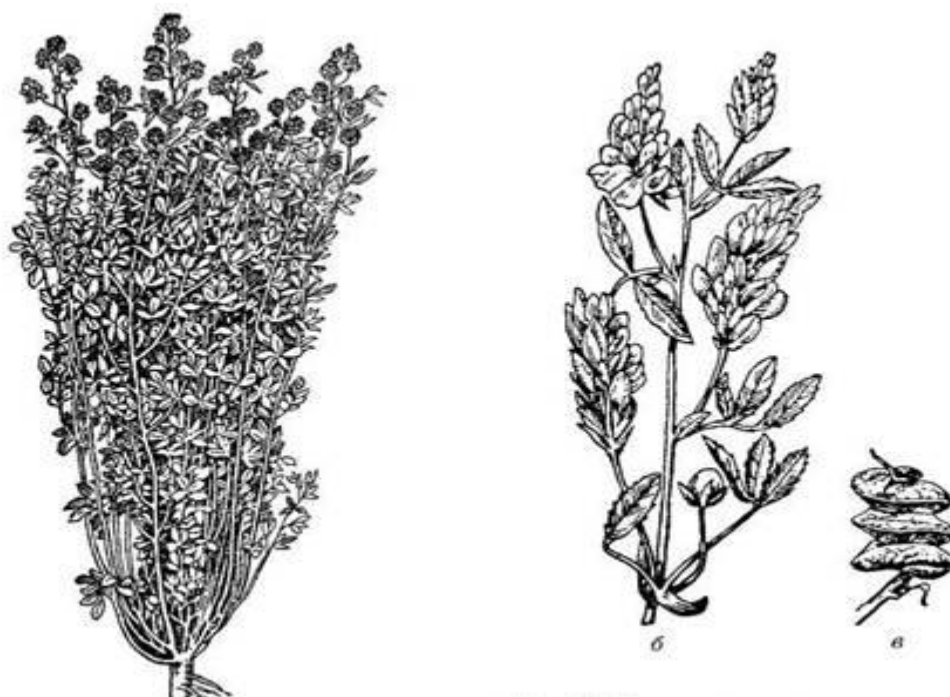


Рисунок 1.2 - Люцерна синя, загальний вигляд (а), суцвіття (б) і біб (в)

ційований конус наростання. Всі квітучі та подовжені вегетативні пагони зимою, як правило, відмирають. На II етапі під час весняного відростання починається диференціація конуса наростання. III і IV етапи проходять швидко, на них відмічається гілкування, утворюється суцвіття, яке являє собою китицю з квітковими горбочками; на V етапі починається подовжена диференціація квіткового горбочка; на VI - утворюється суцвіття; на VII - з'являються покривні органи квітки, тичинкові трубки, маточка, осі суцвіть і квітконіжки; VIII етап збігається з фазою бутонізації; IX - з фазою цвітіння, X - із формуванням зародка насіння; на XI - відкладаються поживні речовини в сім'ядолях насіння; на XII етапі досягають плоди і насіння.

Основна бобова кормова культура в системі кормового конвейєра, одна з найцінніших трав для польового травосіяння. У сні люцерни, зібраному у фазі бутонізації міститься до 10% білка, а у висушеному листі - до 20% білка, який за якостями не поступається білку курячих яєць. У люцерні є багато вітамінів, фосфору і кальцію 100 кг люцернового сіна містить 52 к.о., у 100 кг зеленої маси - до 20 кормових одиниць.

Висока кормова цінність люцерни поєднується з її високою продуктивністю. Вона швидко відростає (3-4 рази протягом вегетаційного періоду) і може давати впродовж літа ніжний поживний корм. Урожайність зеленої маси може становити 400-600 ц/га, сіна 50-120 ц/га і більше.

Добре росте на родючих, добре дренованих ґрунтах, у тому числі і на слабкозасолених, погано - на кислих ґрунтах. Не витримує весняного затоплення. Допустимий рівень ґрунтових вод для неї - не вище, ніж 150см. Досить посухостійка, але для посиленого росту потребує багато вологи, яку витрачає дуже економко. На другий-третій рік життя добре переносить витолочування. Після скошування і випасання добре відростає. Цінна сіножатна і пасовищна рослина. У другій половині дня тварин можна випасати на чистих посівах люцерни. Вранці, по росі це неприпустимо, оскільки можливе захворювання тварин тимпанією.

Люцерна - холодостійка культура, сходи витримують приморозки до 5-6°C. Мінімальна температура проростання насіння 1-2°C. Відновлення вегетації навесні і припинення її восени відбувається при переході середньодобової температури через 5°C. Максимальний урожай формується при 25° С. Зимостійкість висока, навіть при відсутності снігового покриву може витримувати морози 20-25°C. Під снігом не вимерзає навіть при мінус 40°C. Добре росте на різних ґрунтах. Малоприсадибні торфовища і кислі ґрунти. Вимагає реакції ґрунтового розчину в межах рН 6,5-7,5.

Вирощування люцерни має важливе агротехнічне й меліоративне значення. У кореневій системі міститься 2,5-4,0% азоту в розрахунку на суху речовину. Після її відмирання і розкладання у ґрунті залишається 150-200, іноді 300 кг/га азоту. Тому люцерна є одним з найкращих попередників для більшості сільськогосподарських культур.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЮЦЕРНИ

### І ЗБИРАННЯ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

#### 2.1 Агротехніка вирощування люцерни

Однією з передумов для отримання якісних кормів є вірно підібрана технологія вирощування люцерни. Адже високу якість можна отримати з гарного травостою. В Україні люцерну вирощують в чистому виді або в суміші з іншими багаторічними травами в польових і спеціальних сівозмінах при використанні не більше трьох, а в кормових і ґрунтозахисних — чотирьох-п'яти і більше років. Однорічне використання не вигідне, через те що максимальні урожаї вона дає на другий, третій і четвертий рік життя. В багатьох областях люцерну розміщують в запільних ділянках, в низинах, на заплавах ділянках з короткочасним затопленням, де люцерна дає високі урожаї зеленої маси. В сівозміні люцерна є добрим попередником для зернових, цукрового буряку, картоплі чи кукурудзи. На одному полі люцерна вирощується з перервою в 3 роки для використання її позитивного ефекту для наступних культур [6].

Вимоги люцерни до попередника зводяться до необхідності більш якісної обробки ґрунту після нього і відсутності післядії використаних в попередні роки гербіцидів. Найкраще цю культуру сіяти після озимих зернових (пшениця, ячмінь) або інших культур, які звільняють площу рано і дають можливість для значно якіснішої обробки і підготовки ґрунту, як під весняний, так і під літньо-осінній посів. Для нормального розвитку і росту люцерни посівної необхідно щоб ґрунт мав рН в межах 6,0-7,2. На ґрунтах з підвищеною кислотністю у рослин порушується проростання насіння, погіршується режим живлення не вистачає легкозасвоюваних речовин, пригнічується робота бульбочкових бактерій.

Система обробки ґрунту залежить від попередника і від строку посіву люцерни. Люцерну висівають після різних попередників – ярих і озимих

зернових, кукурудзи на зерно, технічних культур і ін. При вирощуванні її на корм практикують, як покривні, так і безпокривні посіви. Тому система обробітку ґрунту повинна включати прийоми, які б забезпечували створення оптимальних умов вирощування, як трав, так і покривної культури.

Ґрунт починають обробляти одразу ж після збирання попередника. При розміщенні люцерни після ярих або озимих зернових проводять лушення дисковими знаряддями на глибину 8-10 см. Поля, засмічені осотом і іншими коренепаростковими бур'янами обробляють на глибину 10-12 см лемішними лушчильниками. Через 2-3 тижні, якщо необхідно, лушення повторюють.

Приблизно через місяць (в вересні, або жовтні) після пожнивного лушення проводять глибоку (на 26–30 см) зяблеву оранку. Порівняно із звичайним обробітком зябу поліпшена технологія оранки (із передплужником) на глибину 27-30 см, збільшує запаси вологи в шарі 0–100 см, дозволяє знизити засміченість полів. Більші запаси вологи призводять до підвищення урожайності люцерни.

Передпосівний обробіток проводять на глибину загортання насіння люцерни боронами ВНИС-Р, або культиваторами УСМК-5,4А в агрегаті з райборінками. Найбільш придатне знаряддя для передпосівного обробітку – культиватор, обладнаний підрізувальними лапами, який рівномірно і неглибоко розпушує ґрунт, знищує сходи й розетки бур'янів, при цьому ґрунт майже не перевертається і менше висушується.

Перед сівбою в багатьох господарствах поля обробляють боронами Радченка або комбінованими агрегатами РВК-3,6, “Славутич-8,8”, у разі їх відсутності – культиваторами, обладнаними плоскорізальними лапами на глибину 4 см з одночасним боронуванням. При цьому добре зарекомендував себе культиватор УСМК-5,4, який широко застосовують у господарствах для передпосівного обробітку під багаторічні трави.

В країнах Європи широко застосовують технологію вирощування люцерни при мінімальному обробітку ґрунту, яка включає знищення бур'янів гербіцидами суцільної дії з одночасним і наступним рихленням і дискуванням.

Посіви проводять одразу ж після обробітку ґрунту. Такий посів проводять в основному на схилових землях.

Люцерна як дрібно-насінна культура потребує ретельного обробітку ґрунту; глибина висіву – максимально 2 см; вузьке міжряддя сприяє швидкому зімкненню рядів люцерни та оптимальному розподілу рослин; після посіву не боронують, але можна прикочувати.

Для сівби використовують насіння люцерни, яке відповідає вимогам I і II класів і мають лабораторну схожість не нижче 70-80%. При наявності в посівному матеріалі понад 15% твердого насіння його не раніше як за 5-10 днів до сівби перепускають через скарифікатори, конюшинотерки або обробляють при температурі 40-41<sup>0</sup> С протягом п'яти діб. Для знищення збудників хвороб протруюють сухим способом препаратами, вибір яких залежить від видового складу шкідливих мікроорганізмів. Перед сівбою обробляють борними і молібденовими добривами. Для цього використовують висушені й добре подрібнені солі бури – 60–80 г, борної кислоти – 40–50 г, молібдату амонію натрію – 300–400 або молібденовокислого амонію – 400 г/ц насіння. Доцільно поєднувати протруювання й обробку насіння мікроелементами.

При вирощуванні люцерни на корм застосовують звичайний рядковий спосіб посіву під покрив, в чистому вигляді або в травосумішах. Однією з основних мотивацій підпокровних посівів люцерни є її біологічна особливість формувати максимальний урожай на другий і третій роки життя. В перший рік життя люцерна за збором кормових одиниць поступається однорічним покривним культурам. Тому за рекомендаціями багатьох дослідників люцерну, як правило, висівають з іншими однорічними культурами з метою одержати в рік посіву більший збір поживних речовин.

На основі аналізу багаторічних експериментальних досліджень наукових установ, узагальнення виробничого досвіду господарств різних зон країни розміщують покривні культури за ступенем їх пригнічувальної дії в такій послідовності: овес, ячмінь, яра пшениця, горох, просо, кукурудза.

В інтенсивному кормовиробництві особливої уваги заслуговують безпокровні весняні і літні посіви люцерни. Їх слід розміщувати лише на добре очищених від бур'янів полях, інакше швидкорослі бур'яни заглушають молоді сходи люцерни, які спочатку ростуть дуже повільно і тому пригнічуються ними навіть сильніше, ніж покривними зерновими.

Люцерну на корм можна сіяти рядковим способом з різними міжряддями або врозкид. В Україні люцерну сіють, в основному, сівалками з міжряддями 15 см, при збільшенні ширини міжрядь спостерігається тенденція до зниження урожаїв. Чистий посів: 12 кг/га (відповідає 380-480 рослин/м<sup>2</sup> при масі 1000 насінин 2,0–2,5 г та схожості насіння 80%). Підсів у ярі зернові: 15 кг/га [6].

Необхідна мінімальна кількість рослин: після сходів – 350 рослин/м<sup>2</sup>, після 1 зимівлі – 200 рослин/м<sup>2</sup>, після 2 зимівлі – 120 рослин/м<sup>2</sup>. Виходячи з показників польової схожості та зрідженні в підпокровний період, щоб одержати 200-250 рослин на 1 м<sup>2</sup> у Лісостепу і в Степу, під ячмінь треба висівати 14–16, під кукурудзу та просо – 15–16 кг/га кондиційного насіння. Збільшення норми висіву понад 18 кг/га, як правило, не підвищує врожайність зеленої маси й призводить до перевитрати посівного матеріалу.

Глибина загортання залежно від гранулометричного складу ґрунту становить 1,5-3 см, на легких ґрунтах – до 3,5 см.

Як і у інших культур, у люцерни строк посіву обумовлений біологічними особливостями і головним чином її вимогами до тепла і вологи. Люцерна дає сходи при температурі 1-2<sup>0</sup> С. Чим тепліший період сівби, тим швидше сходять і розвивається люцерна. Наприклад, при підвищенні середньодобової температури повітря з 5 до 19-20<sup>0</sup> С тривалість появи сходів скорочується з 19 до 5 днів. Підвищення температури на 1<sup>0</sup> призводить до скорочення періоду появи сходів приблизно на добу.

Найкраще сіяти люцерну влітку (червень, липень). Переваги літнього посіву значні: попередник (ячмінь, пшениця, викові або горохові сумішки і ін.) дає нормальний урожай; розвиток люцерни проходить в оптимальних умовах – довгий день і високі температури; на наступний, фактично перший рік

використання вона знаходиться в доброму стані і використовується як люцерна другого року життя; як правило, літні посіви бувають більш чистими від бур'янів, ніж весняні. Ці переваги літнього посіву можуть проявитися тільки при гарантованому зрошенні.

Для підвищення польової схожості та дружнього проростання насіння, посіви, залежно від гранулометричного складу прикочують котками ЗККШ-6, КЗК-10 або СКГ-2,2.

Для нормального розвитку і перезимівлі люцерни важливо своєчасно і в стислі строки зібрати покривну культуру, вивезти з поля всі рослинні рештки. Якщо під основний обробіток ґрунту не вносили мінеральні добрива, травостій підживлюють фосфорними та калійними добривами.

Чисті посіви люцерни та сумішки з іншими травами першого і наступних років використання, рано весною боронують в один-два сліди голчастими або важкими боронами. Якщо травостій зріджений і не забезпечує нормального стеблостою, його пересівають або підсівають інші культури. У разі переущільнення ґрунту трави третього і наступних років вегетації обробляють впоперек рядків дисковими луцильниками в агрегатів з боронами. Диски встановлюють під невеликим кутом атаки ( $15^{\circ}$ ), щоб вони не підрізали коренів і якнайменше травмували зону кущення люцерни.

Ефективне також і ранньовесняна культивування, культиваторами обладнаними долотами, на глибину до 10 см з одночасним боронуванням. Долота встановлюють на віддалі 18-20 см.

Після кожного скошування пускають голчасті або важкі борони в один-два сліди, на початку осені, а вразі потреби травостій підживлюють фосфорними або калійними добривами. Для нагромадження снігу взимку під час останнього скошування залишають нескошені смуги шириною до 1,2 м через кожні 10-15 метрів. перед припиненням вегетації проводять щілювання посівів.

Використання посівів (укуси) - 3-6 укосів/рік. Багаторічне використання посівів люцерни вимагає дотримання тривалішого періоду «спокою» (мінімум

7 тижнів) між передостаннім та останнім укосами. З приблизно 10 серпня до кінця вересня укоси не проводять – для того, щоб рослини мали змогу накопичити запас поживних речовин для наступного року. Пізній укіс в жовтні – запобігає забур'яненню та розповсюдженню гризунів.

Час скошування – фаза бутонізації, або ж при першому укосі – при висоті рослин 45–70 см, при наступних укосах – 40-50 см, при останньому укосі – 25–45 см. Висота скошування – 5–7 см. Надто низьке скошування сповільнює відростання рослин, рослини погано перезимовують, посіви зріджуються.

## 2.2 Технології заготівлі кормів та комплекси машин

Серед грубих кормів для годівлі великої рогатої худоби в стійловий період найбільше використовується сіно, сінаж і силос. При їх заготівлі основною операцією є скошування сільськогосподарських культур. При вирощуванні бобових культур і, зокрема, люцерни її краще всього використовувати для заготівлі сінажу.

Сінаж – це вид корму, в основі консервування якого лежить “фізіологічна сухість середовища”, тобто така вологість сировини, при якій вода рослинних клітин стає недоступною для різних рас мікроорганізмів, чим сінаж відрізняється від силосу, консервуючою основою якого є процес молочнокислого бродіння.

Основні наукові розробки щодо заготівлі сінажу проведені на початку 30-х рр. ХХ ст., коли у Всесоюзному науково-дослідному інституті кормів ученим А.М. Міхіним було встановлено, що підв'ялена до вологості 50-55% зелена маса добре зберігається у сховищах, незважаючи на те, що в ній практично не утворюється молочна кислота, яка підкислювала б середовище і консервувала масу.

Попередні твердження стосовно причин збереженості сінажу за такої вологості зумовлено силою мікроорганізмів. Згідно з цією теорією, зелена маса певної вологості, за умов герметизації сховища, зберігалася завдяки здатності рослинних клітини утримувати вологу з більшою силою, ніж сисна

сила клітин мікроорганізмів, за винятком пліснявих грибів, сисна сила яких досягає 22-23 МПа. Відомо, що плісняві гриби — аероби, тому в анаеробних умовах, створених шляхом ущільнення зеленої маси та її герметизації, їх дія припиняється. Отже, фізіологічна сухість середовища – це рівновага між сисною силою мікроорганізмів та водоутримувальною силою рослинних клітин. Вона досягається саме при вологості зеленої маси в межах 55-60%.

При заготівлі сінажу виконують такі операції: скошування, плющення, ворущіння, згрібання у валки, підбирання маси з валків з подрібненням та навантаженням у транспортні засоби, закладання в сховища, ущільнення маси з наступною герметизацією в заповненому сховищі. Після скошування масу пров'ялюють у полі. Для прискорення пров'ялення бобові трави плющать та ворущать.

Підбирання маси із валків та її подрібнення здійснюють підбирачами – подрібнювачами всіх марок, які забезпечують довжину січки 2 – 3 см при закладанні маси в башти та 3 – 5 см при заготівлі сінажу в траншеї.

Для косіння чи підбирання, подрібнення та навантаження в транспортні засоби пров'яленої маси застосовують самохідні кормозбиральні комбайни КСК – 100А, КСГ–Ф–70, К–Г–6 та Е–281, а також причіпні КПКУ–75 та КПИ–2,4.

Подрібнену траву перевозять спеціальними причепами ПСЕ – 12,5, ПСЕ –20, ПИМ–Ф – 20, ПСЕ – 30, ПСЕ – 40, ПИМ – 40, ПСТ–Ф–60 або тракторними причепами 2ПТС–4–887А і кормороздавачами КТУ – 10А з нарощеними сіткою бортами, бо навіть при слабкому боковому вітрі (3 – 5 м/с) можна втратити 5 ц/га дрібної (найбільш цінної) фракції сировини. На великі відстані пров'ялена маса перевозиться автосамоскидами, в яких борти нарощують до висоти 3 – 3,5 м.

Самоскидні транспортні засоби використовують при сінажуванні в траншеях. При закладанні маси в башти її перевозять тракторними кормороздавачами типу КТУ – 10А. Основна вимога до сховищ для сінажу – можливість їх повної герметизації.

Зараз основну кількість сінажу закладають у траншеї, які необхідно протягом трьох-чотирьох днів завантажити і закрити. Разом з тим у багатьох господарствах України для сінажування застосовують башти БС – 9,15, які також необхідно завантажити протягом чотирьох-п'яти днів. Про правильне закладання і дозрівання сінажу свідчить температура 35 – 37 °С.

Розтягування строків заповнення сховища призводить до інтенсивного самозігрівання. На шостий день вона досягає 55 – 60 °С, а в подальшому і вище, внаслідок чого корм набуває бурого забарвлення і хлібного запаху, проте добре поїдається тваринами, хоч перетравність його і знижується.

У більшості господарств для завантаження маси в башту БС–9,15 застосовують електрифікований дозатор на базі кормороздавача КТУ–10 з комплектом змінних частин КТУ–20.000, завантажувач ТЗБ–30 та розподільник РМБ–9,15. Вивантажують готовий сінаж з башти вивантажувачем РБВ–6. Промисловістю виготовляється продуктивніше обладнання, до якого входить електрифікований живильник на базі кормороздавача КТУ–10А, комплект змінних частин КТУ–40.000, завантажувач ЗБ–50 і розподільник – розвантажувач РРС–Ф–50–6.

Темп завантаження та довжина часток зумовлюють ступінь самоущільнення маси в баштах. Тому основна маса часток повинна бути завдовжки 30 мм. Якщо за погодними умовами процес завантаження припиняється, на поверхню закладеної в башту маси укладають півметровий шар маси вологістю 65%. Тимчасове зберігання подрібненої трави на майданчику біля башти не повинно перевищувати 10 год., інакше можливе її зігрівання. Після завантаження на вирівняній поверхні сінажної маси укладають плівку, яку притискують свіжоскошеною зеленою травою.

Траншеї завантажують сінажною масою безпосередньо з транспортних засобів без заїзду на кормовий штабель. Потім переміщують її бульдозером або спеціальним пристроєм. Щоденний шар укладеної і ущільненої маси становити 1 м. Важливою умовою приготування високоякісного сінажу є ретельне трамбування. Щоб досягти потрібного ущільнення, рівномірно розрівнюють

подрібнену сировину по всій поверхні кормового штабеля. Якість ущільнення можна контролювати за температурою в масі: при підвищенні її понад 37 °С необхідно посилити трамбування, прискорити заповнення траншеї і герметизувати її. Трамбують масу безперервно, починаючи від першого дня завантаження траншеї і закінчуючи перед її укриттям. біля стін траншеї краще трамбувати колісними тракторами Т-150К і К-701, а по всій поверхні – гусеничними. Щільність сінажу має становити не менше 500 кг/м<sup>3</sup>. Щоб визначити її, масу завезеної сировини ділять на об'єм, який вона зайняла в траншеї. Зверху ущільнену сировину вкривають шаром свіжоскошених подрібнених злакових культур (20 – 30 см). після додаткового трамбування траншею герметизують плівкою. Верхня частина кормового штабеля після трамбування повинна мати сферичну форму і виступати над стінами траншеї на 50 – 70 см.

Сінаж має ряд переваг порівняно з силосом: насамперед він значно кращий за смаковими якостями. Поживність 1 кг сінажу 0,3-0,4 к. од., вміст перетравного протеїну – 50-55 г, каротину – 35-40 мг, кальцію – понад 5 г, до 1 г фосфору.

Сінаж, на відміну від силосу – прісний корм, з показником рН 4,8-5,3, що містить удвічі більше сухих речовин та має краще цукро-протеїнове співвідношення, що сприятливо позначається на розвитку мікрофлори рубця, забезпечує хороше травлення і добре засвоєння тваринами поживних речовин корму.

Якість сінажу, на відміну від сіна, менше залежить від погодних умов, оскільки на прив'ялення маси витрачається в 3-4 рази менше часу. Це створює можливість зменшити втрати поживних речовин за рахунок фізіологічних та біохімічних процесів, які протікають у скошених рослинах. На якість сінажу впливає ціла низка факторів: добір сировини, строки скошування кормових рослин, час скошування протягом доби, тривалість перебування скошеної зеленої маси в полі, своєчасне підняття підв'яленої маси з валків, ступінь подрібнення рослин, якісне ущільнення зеленої маси та ізоляція від

зовнішнього середовища. До переваг сінажу належить і те, що він не промерзає у сінажних спорудах.

Висока якість і добра збереженість сінажу досягаються за умов дотримання технологічної дисципліни в процесі заготівлі. Основними операціями при сінажуванні є: скошування кормових рослин з одночасним плющенням; швидке підв'ялення зеленої маси; підбирання підв'яленої маси з одночасним подрібненням та завантаженням у транспортні засоби; транспортування; завантаження траншеї; ущільнення та ізоляція сінажу від доступу повітря. Важливим фактором, який впливає на якість сінажу, є добір сировини. Найкращою сировиною для заготівлі сінажу є однорічні та багаторічні бобові, злакові та бобово-злакові травостої.

Скошування багаторічних трав для заготівлі сінажу, на відміну від звичайного збирання на сіно, проводять не пізніше початку бутонізації бобових та початку колосіння злакових компонентів. Це дає змогу одержати із багаторічних трав корм, за загальною протеїновою поживністю сухої речовини такий, що мало відрізняється від трави доброго пасовища та є кращим за сіно. Скошування рослин в ранні фази вегетації вигідне ще й тим, що дає змогу одержати повноцінніший другий укіс трав, і, як результат, більший загальний збір перетравних поживних речовин, особливо протеїну. Запізнення із збиранням трав, особливо у вологозабезпеченні роки, призводить також до вилягання рослин, що погіршує їх скошування і нерідко призводить до недобору сухих речовин.

Однорічні бобово-злакові сумішки, на відміну від багаторічних трав, треба скошувати у пізні фази вегетації. Це пов'язано з тим, що в міру розвитку горохо-вівсяних, вико-вівсяних та інших сумішок вміст сухих поживних речовин не знижується.

Важливим фактором, який впливає на якість сінажу, є час скошування кормових рослин протягом доби. Косити трави краще рано-вранці, що забезпечує можливість закладання зеленої маси для заготівлі сінажу уже в другій половині дня. Крім того, рослини в ці години доби мають значно вищий

вміст каротину, продири їх ще відкриті, що сприяє випаровуванню вологи. Оптимальний час скошування трав — з 5-ї до 10-ї години ранку.

Рисунок 2.1 – Косарка-плющилка 1460 фірми JOHN DEERE при скошуванні в один валок (а) і здвоєний (б)

Не менш важливим є зведення до мінімуму тривалості перебування скошеної зеленої маси рослин в полі під час підв'ялення. З цією метою для

скошування бобових та бобово-злакових травостоїв використовують косарки-плющилки, при скошуванні якими досягається рівномірне зниження вологості сировини, що забезпечує збереження листків та суцвіть від пересихання та обламування під час підняття маси з валків і в 2-3 рази прискорюється процес прив'ялення.

Рисунок 2.2 – Плющильні вальці (а) і схема роботи (б)  
косарки-плющилки 1460 фірми JOHN DEERE

Плющення бобових трав та їхніх сумішок зі злаковими компонентами проводять у фазі масового цвітіння бобових трав. Проводити плющення у пізніші фази розвитку бобових та злакових трав недоцільно, оскільки швидкість випаровування вологи зі стебел та листків у цей час в них практично однакова.

Рисунок 2.3 – Косарка-плющилка FC-300 фірми KUHN (а)  
і її різально-плющильний апарат (б)

Підв'ялені протягом 2-3 діб трави втрачають 30-45% каротину, проте вміст його в рослинах залишається на рівні 130-150 мг на 1 кг сухої речовини, що є цілком достатнім для повного забезпечення потреб тварин. Низкою наукових установ встановлено, що за недотримання умов оптимальної вологості маси люцерни (60%) одержують не сінаж, а силос низької якості. При прив'яленні скошеної маси до вологості нижче 45% осипання листків і бутонів досягає 25-30%, втрати при підбиранні й транспортуванні маси — 35-40%. Ущільнення такої маси незадовільне, вона зігрівається і псується.

Важливим моментом у заготівлі сінажу є своєчасне підбирання зеленої маси з валків, яке потрібно розпочинати при вологості 55-60%, тому що при підніманні й транспортуванні її до сінажосховищ вологість знижується на 7-11%. Оптимальну вологість маси для її підбирання з валків можна встановити органолептичним методом. За оптимальної вологості маси листки ще м'які, на траві під час її скручування ледь помітно виступає волога.

## Рисунок 2.4 – Причіпна косарка CM 300A фірми VICON

Якість сінажу значною мірою залежить від ступеня подрібнення рослин, який за вимогами Держстандарту повинен становити 3-4 см (не менше 80% від загальної маси). При закладанні маси в сінажні башти величина частинок має бути до 2 см. Це пов'язане з тим, що в баштах у процесі їх завантаження відбувається самоущільнення маси.

Розподіл маси в траншеях доцільно проводити під нахилом (за таким методом консервовані корми заготовляють у розвинених країнах світу). Для зменшення втрат поживних речовин після завершення процесів закладання сінажу масу ретельно ізолюють від зовнішнього середовища з використанням повітряно- і водонепроникної плівки. У практиці сінажування використовують переважно поліетиленові плівки завтовшки 0,15-0,20 мм., які не рвуться під час укривання сінажу. Найкращими для цієї мети є світлонепроникні плівки. Вони стійкі до дії прямих сонячних променів і низьких температур. Економічно доцільними є широкоформатні плівки завширшки 8-12 м. Завдяки їх використанню зменшуються затрати праці на укривання маси сінажу і досягається кращий її захист від доступу повітря. Такі полотна плівок недоцільно перекривати (накладаючи край однієї на край другої), їх треба склеювати клейкими плівками або заплавлювати, а також ретельно закріплювати біля стін траншей. Проте більш якісного укривання можна досягти, використавши мішки з піском, що забезпечує якісну ізоляцію, дає змогу запобігти промерзанню сінажної маси взимку і виключає псування поверхні гризунами.

### Рисунок 2.5 – Причіпна косарка GMS 3200D фірми JF

В останні роки набула розповсюдження набула технологія заготівлі сінажу в упаковці. Щоб одержати високоякісний корм із трави підвищеної вологості, спресованої в рулони, останні повністю обмотують у кілька шарів тонкою (0,025–0,03 мм) еластичною плівкою завширшки до 50 см, покритою шаром контактного клею. За такої технології рулон опиняється у повітронепроникній оболонці, яка щільно прилягає до нього. Це забезпечує одержання кормової маси з великим вмістом обмінної енергії, протеїну, каротину, дає змогу заготовляти корми за несприятливих погодних умов і, отже, дістає дедалі ширше застосування у фермерських господарствах Західної Європи.

Пакування рулонів у плівку здійснюється як на стаціонарі, так і мобільним агрегатом. У першому разі рулони з поля перевозять на спеціальний майданчик, де пакують у плівку пакувальником, що агрегується з трактором. Аби забезпечити збереженість корму, рулони слід упакувати в плівку не пізніше як через дві години після їх формування. Мобільний агрегат здійснює пакування рулонів одразу після їх утворення, оскільки прес-підбирач скидає рулон на стіл агрегатованого з ним пакувальника. Комплекси машин для пакування рулонів у плівку постачають на ринок фірми Wolagri, Kverneland,

Class, John Deere, McHale Engineering, Vicon, New Holland, Krone, Gowejl. Незважаючи на те, що рулонообмотувальні машини – це техніка порівняно дорога (що зумовлено особливим рівнем гідрофікації й автоматизації управління), обсяг їх продажів у країнах європейського північного заходу є доволі високим. Так, у 1998–2000 роках на ринку Великої Британії було продано близько 2000 обмотників рулонів плівкою різного конструктивного виконання.

На сьогодні більшість європейських фермерів у кормовиробництві ще віддають перевагу обмотникам рулонів агреатованого типу. У причіпному варіанті пакувальна установка з'єднується з прес-підбирачем за допомогою телескопічної тягової штанги. Процес формування рулону й обмотування його плівкою контролюється з кабіни трактора. По закінченні формування рулону тракторист вмикає програму “Обмотування рулону”, тягова штанга скорочується, обмотник підтягується впритул до прес-підбирача, і рулон перекидається на платформу обмотника.

Проте, на думку експертів, уже найближчим часом високопродуктивні комбіновані машини, що об'єднують прес-підбирач та рулонообмотник, почнуть витіснити на ринку причіпні й навісні обмотувальні установки. Такі комплекси, в яких рулон обмотується одразу після виходу з пресувальної камери (що забезпечує високу якість корму), активно демонструють на найбільших європейських виставках-ярмарках. Проте висока вартість цих машин (модель Combi Pack 1200 фірми Krone коштує 35000 фунтів стерлінгів) стримує їх поширення.

### 3 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ І ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОСАРКИ

#### 3.1 Агровимоги до машин для заготівлі кормів

Основним джерелом кормів є природні і сіяні трави, кукурудза, соняшник і інші сільськогосподарські культури. Трави використовують для заготівлі розсипного і пресованого сіна, закладки сінажу і виробництва трав'яної муки. З кукурудзи, соняшника і високостеблових трав отримують силос. В літній період траву, кукурудзу і інші культури скошують і використовують в вигляді зелених кормів.

Для забезпечення максимального збору врожаю, отримання кормів високої якості збирання слід проводити в оптимальні агротехнічні строки при правильному виборі режимів скошування, транспортування і переробки рослин.

Злакові трави слід збирати в період викидання колоса, бобові – під час бутонізації. Скошувати необхідно без огріхів і пропусків, природні трави – на висоті 4 – 5 см, сіяні – 5 – 7 см [7].

Косарки повинні забезпечити задану висоту зрізу, зрізати стебла без розривів, зминання і виривання, добре копіювати рельєф місцевості, вкладати скошену траву в прокоси або валки так, щоб вона не попадала під колеса трактора або машини.

Згрібати і підбирати траву слід без огріхів і пропусків; валки складати прямолінійно шириною не більше 1,3 м і рівномірно по щільності. При створенні і обертанні валків трава не повинна скручуватися в джути і скупчуватися.

Необхідно, щоб в процесі підбирання валків маса безперервно і рівномірно поступала на послідувачі робочі органи; не допускаються втрати і забруднення трави домішками ґрунту.

Після пресування тюки повинні бути правильної форми, однакової щільності і розмірів. При подрібненні стебел свіжоскошених рослин і пров'яленої трави слід витримувати задану довжину різки.

Необхідно забезпечити швидке і рівномірне сушіння всіх рослин. В випадку сушки в польових умовах цього досягають плющенням стебел під час скошування і ворущінням трави в прокосах.

Якість кормів залежить в цілому від якості роботи кожної машини, яка входить в дану технологію заготівлі того чи іншого виду корму. Тому при вдосконаленні конструкції машин необхідно, щоб вона забезпечувала і вищу якість роботи в порівнянні з базовою машиною.

### 3.2 Обґрунтування удосконалення машини

Косарка-плющилка КПРН-3,0 призначена для скошування природних і сіяних трав з плющенням або без нього з укладанням маси у валок. Вона обладнана шістьма роторами з нижнім приводом та двох ребристих плющильних вальців, що повертаються на зустріч один одному і плющить траву. Машина працює на швидкості до 15 км/год. і укладає масу у валок шириною 1200 мм.

Недоліком машини, особливо при роботі на високо урожайних ділянках є формування ущільненого валка, що не дозволяє повітрю вільно проходити до скошених рослин, а відтак знижується швидкість висихання трави і збільшуються втрати поживних речовин в результаті протікання біологічних процесів і життєдіяльності мікроорганізмів.

Завданням роботи є усунення цього недоліку. Досягти цього можна шляхом обладнання машини додатковим пристроєм, що виготовлений у вигляді ротора з прутковими пальцями. Ротор встановлений на осі і отримує обертовий рух через пасову передачу.

Суть запропонованого удосконалення полягає у додатковій дії на сплющену вальцями масу пальцями ротора, розпущення її та укладання у валок.

Використання запропонованого удосконалення дозволить скоротити терміни висихання трави, покращить її якість, забезпечить зниження вологості сінажної маси без додаткових операцій зворушування його граблями та згрібання у валки. Додаткові операції пошкоджують листя рослин, відривають його і через це якість корму погіршується.

Запропоноване пристосування складається з вала, на якому у шаховому порядку встановлені прутки (пальці). Вал виготовлений пустотілим, з привареними хвостовиками (цапфами), що обертаються у двох підшипникових опорах. Привод валу здійснюється пасовою передачею від центрального редуктора косарки.

Запропоноване удосконалення встановлюється після плющильних вальців, при чому вісь вала розміщена нижче крайньої верхньої точки плющильного вала.

Після удосконалення косарка працює наступним чином. Під час руху різальні апарати обертаючись скошують траву і переміщують її до плющильного апарату. Вальці апарату, повертаючись на зустріч один одному плющать траву і подають її до вала, який обертаючись, своїми пальцями діє на ущільнену масу, частково розтягує, розпушує та перекидає її через себе. Трава укладається розпушеною у валок позаду машини.

## 4 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ

### 4.1 Вибір конструкції вала ротора

Виходячи з умов роботи косарки і розпушувального механізму визначаємо конструкцію вала, маючи на увазі, який вал використовувати – суцільний чи трубчастий. Для цього визначаємо крутні моменти, які можуть передавати вали.

Для суцільного вала:

$$M_{\kappa} = 0,2d^3 \cdot [\tau]_{\kappa}, \quad (4.1)$$

де  $[\tau]_{\kappa}$  – допустиме напруження кручення, МПа,  $[\tau]_{\kappa} = 15\text{--}20 \text{ Н/мм}^2$  [15].

Для трубчастого вала:

$$M_{\kappa} = 0,2D^3 \cdot (1 - \alpha) \cdot [\tau]_{\kappa}, \quad (4.2)$$

де  $\alpha$  – відношення внутрішнього діаметра трубчастого вала до зовнішнього

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{46}{56} = 0,82$$

Тоді,

$$M_{\kappa} = 0,2 \cdot 46^3 \cdot 25 = 486,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\kappa} = 0,2 \cdot 56^3 \cdot (1 - 0,82) \cdot 25 = 482,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Площа поперечного перерізу суцільного вала

$$F_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.3)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$F_c = \frac{3,14 \cdot 46^2}{4} = 1661,01 \text{ мм}^2$$

Площа поперечного перерізу трубчастого вала

$$F_{mp} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (1 - \alpha^2). \quad (4.4)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$F_{mp} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} \cdot (1 - 0,82^2) = 555 \text{ мм}^2.$$

Таким чином отримаємо відношення поперечних перерізів для визначення оптимального матеріалу для вала при  $\alpha = 0,82$ , а саме

$$\frac{F_c}{F_{mp}} = \frac{166106}{555} = 2,99.$$

Таким чином, отримане відношення показує, що доцільно вибрати трубчастий вал з вище наведеним перерізом. Для забезпечення передачі крутного моменту і закріплення вала у підшипникових опорах до кінців труби приварюємо хвостовики (цапфи). Для вала вибираємо матеріал сталь 45, термообробка – покращення, при діаметрі до 90 мм границя міцності становить  $\sigma_s = 780 \text{ Н/мм}^2$  [13, 14].

#### 4.2 Розрахунок діаметра вихідного кінця ротора та шпонкового з'єднання

Розрахунок проводимо з метою визначення діаметра під привідний шків та посадочних місць під підшипники.

Вал ротора є веденим, тому діаметр кінця вала визначаємо при меншому значенні допустимого напруження  $[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$ , чим враховуємо вплив згину від натягу паса

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau_k]}}. \quad (4.5)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{44,22 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 22,3 \text{ мм.}$$

З врахуванням конструктивних міркувань приймаємо  $d = 30 \text{ мм}$ . Під підшипник приймаємо  $d = 35 \text{ мм}$ .

Розрахунок шпонкового з'єднання починаємо з вибору шпонки під даний діаметр. Мета розрахунку – перевірка шпонкового з'єднання на зріз та зминання. Вал передає крутний момент  $44,23 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$  за допомогою шпонкового з'єднання, його діаметр  $d = 30 \text{ мм}$ . Вибираємо розміри шпонки згідно ДСТУ-23360-98. Ширина шпонки  $b = 6 \text{ мм}$ , висота  $h = 6 \text{ мм}$ , глибина паза

$t_1 = 3,5$  мм, маточини  $t_2 = 2,8$  мм, робоча довжина шпонки  $l = 14...40$  мм (приймаємо виходячи з умов розмірів маточини шківів 30 мм).

Згідно [13] допустимі напруження на зминання  $[\tau]_{зм} = 240$  МПа, та зріз  $[\tau]_{зр} = 90$  МПа.

Перевіряємо міцність з'єднання зминання за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot (l - b)} \leq [\tau]_{зм} \quad (4.6)$$

Підставивши значення у формулу, отримаємо

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 44,24 \cdot 10^3}{30 \cdot (6 - 3,5) \cdot (30 - 6)} = 49,1 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо міцність з'єднання на зріз за формулою

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l \cdot b} \leq [\tau_{зр}] \quad (4.7)$$

Тоді, отримаємо

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 44,23 \cdot 10^3}{30 \cdot 30 \cdot 6} = 17 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}$$

Умови міцності за напруженнями зрізу та зминання забезпечені, оскільки  $\sigma_{зм} \leq [\sigma]_{зм}$ ,  $\tau_{зр} \leq [\tau]_{зр}$ .

Таким чином надійність роботи шпонкового з'єднання забезпечена за напруженнями зминання та зрізу, а тому з'єднання буде працювати надійно.

### 4.3 Перевірочний розрахунок вала

Метою розрахунку є визначення напружень згину та кручення і запас міцності за цими напруженнями в найбільш небезпечному перерізі. Найбільш небезпечним перерізом є підшипникова опора зі сторони встановлення приводного шківів пасової передачі.

Визначаємо напруження згину за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{M}{W_3}, \quad (4.8)$$

де  $W_3$  – момент опору згину в перерізі, мм<sup>3</sup>

$$W_3 = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (4.9)$$

Підставивши дані, будемо мати

$$W_3 = \frac{3,14 \cdot 35^3}{32} = 6280 \text{ мм}^3.$$

Тоді,

$$\sigma_{зм} = \frac{44,24 \cdot 10^3}{6280} = 7,04 \text{ Н/мм}^2$$

Напруження кручення визначаємо за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{M}{W_{кр}}, \quad (4.10)$$

де  $W_{кр}$  – момент опору кручення в перерізі,  $\text{мм}^3$ .

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot d^3}{16}. \quad (4.11)$$

$$W_{кр} = \frac{3,14 \cdot 35^3}{16} = 12560 \text{ мм}^3.$$

Тоді, отримаємо

$$\tau_{кр} = \frac{44,23 \cdot 10^3}{12560} = 3,52 \text{ Н/мм}^2.$$

Запас міцності за напруженнями згину визначаємо за формулою:

$$\eta_\sigma = \frac{\sigma_T'}{\sigma_{зм}}, \quad (4.12)$$

де  $\sigma_T'$  – межа витривалості при симетричному циклі згину,  $\text{Н/мм}^2$

$$\sigma_T' = \sigma_T \cdot \varepsilon_T \quad (4.13)$$

де  $\varepsilon_T$  – масштабний коефіцієнт для нормальних напружень,  $\varepsilon_T = 0,8$  [13].

$$\sigma_T' = 280 \cdot 0,8 = 224 \text{ Н/мм}^2$$

$$\eta_\sigma = \frac{224}{7,04} = 31,82$$

Запас міцності за напруженням кручення:

$$\eta_\tau = \frac{\tau_{кр}'}{\tau} \quad (4.14)$$

де  $\tau'_{кр}$  – межа витривалості при симетричному циклі кручення, Н/мм<sup>2</sup>

$$\tau'_{кр} = \tau_1 \cdot \varepsilon_T \quad (4.15)$$

$$\tau'_{кр} = 150 \cdot 0,8 = 120 \text{ Н/мм}^2$$

$$\eta_\tau = \frac{120}{3,52} = 34,09 \text{ Н/мм}^2$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності за формулою

$$S = \frac{\eta_\sigma \cdot \eta_\tau}{\sqrt{\eta_\sigma^2 + \eta_\tau^2}} \quad (4.16)$$

Підставляємо значення у формулу, отримаємо

$$S = \frac{31,82 \cdot 34,09}{\sqrt{31,82^2 + 34,09^2}} = 23,28 > [n].$$

Таким чином, умова міцності забезпечена, оскільки рекомендується  $[n] = 2,5 - 3,0$ . Отримане значення відповідає цим умовам [13, 14].

#### 4.4 Розрахунок пасової передачі

Мета розрахунку – визначити основні конструктивні параметри пасової передачі для приводу ротора. Розрахунок проводимо користуючись рис. 5.1.

Згідно схеми крутний момент від ведучого шківa 1 передається до ведучого шківa 3 через проміжний шків 2. передаточне відношення  $i=1,8$ , розміри і кінематичні параметри шківів 2 і 3 однакові. З попередніх розрахунків відомо що

$$\omega_2 = \omega_3 = 30,67 \text{ с}^{-1};$$

$$n_2 = n_3 = 293,03 \text{ об/хв.};$$

Один шків встановлений на вихідному кінці вала редуктора косарки і має наступні параметри  $n = 540 \text{ об/хв}$ ;  $\omega = 56,52 \text{ с}^{-1}$ .

Потужність приводу вала ротора (шків 3) становить 2,5 кВт і враховує передачу крутного моменту валом редуктора, його обертання на холостому ході з подоланням тертя в опорах кочення та роботу, пов'язані з дією на рослини.

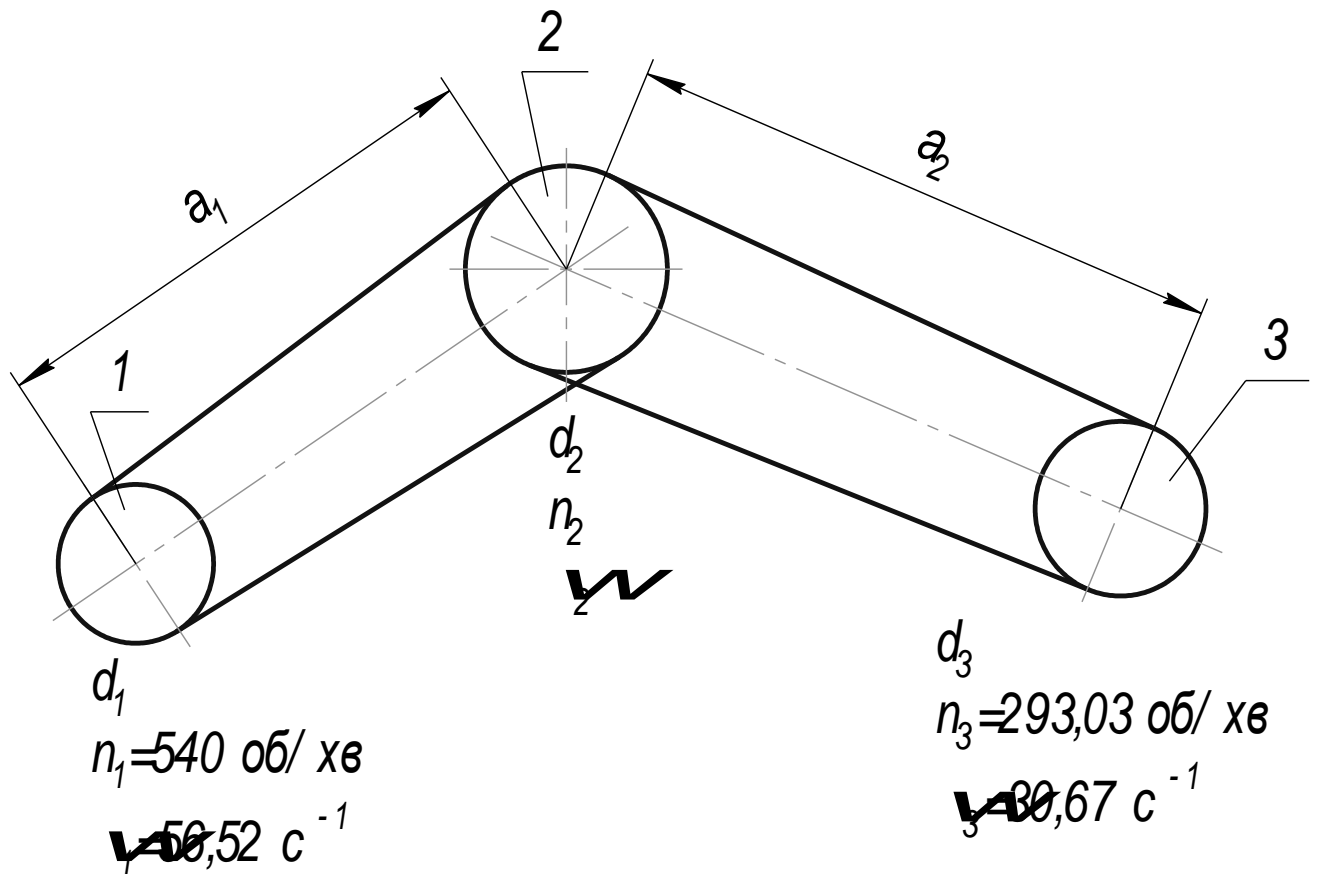


Рисунок 4.1 – Схема для розрахунку параметрів пасової передачі

Визначаємо крутний момент:

$$T = \frac{P}{\omega_1}, \quad (4.17)$$

де  $P$  – потужність приводу, Вт.

$$T = \frac{2,5 \cdot 10^3}{56,52} = 44,23 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо діаметр меншого шківa за формулою

$$d \approx (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{T}. \quad (4.18)$$

Тоді,

$$d \approx (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{44,23 \cdot 10^3} \approx 106 \div 142 \text{ мм.}$$

Згідно [14] вибираємо профіль паса А, а діаметр шківa  $d_1 = 125 \text{ мм}$ .

Визначаємо діаметр більшого шківa за формулою:

$$d_2 = i \cdot d_1 \cdot (1 - \varepsilon), \quad (4.19)$$

де  $\varepsilon$  – ковзання паса,  $\varepsilon = 0,015$  [14].

$$d_2 = 1,8 \cdot 125 \cdot (1 - 0,015) = 184,7 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_2 = 180$  мм.

Уточнюємо передаточне відношення за формулою

$$i = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)}. \quad (4.20)$$

Підставляємо значення у формулу, будемо мати

$$i = \frac{180}{125 \cdot (1 - 0,015)} = 1,46.$$

При цьому кутова швидкість вала 2 буде

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_p}. \quad (4.21)$$

Тоді,

$$\omega_2 = \frac{56,52}{1,46} = 38,71 \text{ с}^{-1}$$

Як показали розрахунки  $\omega_2 > \omega_3$ , а тому  $n_2 \neq n_3$ ,  $d_2 \neq d_3$ . Для остаточного визначення параметрів пасової передачі необхідно збільшити  $d_3$  до рекомендованого [14], тобто  $d_3 = 224$  мм

Тоді,

$$i = \frac{224}{180 \cdot (1 - 0,015)} = 1,26.$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{i_2} = \frac{38,71}{1,26} = 30,72 \text{ с}^{-1}.$$

Знаходимо відхилення у розрахунках  $\omega_3$ . Допускається відхилення до 3%

$$\Delta \omega_3 = \frac{30,72 - 30,67}{30,67} \cdot 100\% = 0,16\% .$$

$$3\% > 0,16\% .$$

Отже, остаточно приймаємо діаметри шківів  $d_1 = 125$  мм,  $d_2 = 180$  мм,  $d_3 = 224$  мм.

Визначаємо міжосьову відстань між шківками в інтервалі:

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_o, \quad (4.22)$$

$$a_{\max} = 2(d_1 + d_2), \quad (4.23)$$

де  $T_o$  – висота перерізу паса,  $T_o = 10,5$  мм [13].

Тоді,

$$a_{1\min} = 0,55 \cdot (125 + 180) + 10,5 = 178,25 \text{ мм}$$

$$a_{1\max} = 2(125 + 180) = 610 \text{ мм}$$

$$a_{2\min} = 0,55 \cdot (180 + 224) + 10,5 = 232,7 \text{ мм}$$

$$a_{2\max} = 2(180 + 224) = 808 \text{ мм}.$$

Приймаємо довжину, відповідно  $a_1 = 700$  мм;  $a_2 = 800$  мм.

Визначаємо довжину паса за формулою

$$L = 2 \cdot a + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a} \quad (4.24)$$

Маємо,

$$L_1 = 2 \cdot 700 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (125 + 180) + \frac{(180 - 125)^2}{4 \cdot 700} = 1881,05 \text{ мм}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення  $L_1 = 2000$  мм [13].

$$L_2 = 2 \cdot 800 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (180 + 224) + \frac{(224 - 180)^2}{4 \cdot 800} = 2235,48 \text{ мм}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення  $L_2 = 2240$  мм [13].

Уточнюємо значення міжосьової відстані з врахуванням стандартної довжини пасів:

$$a = 0,25 \cdot [(L - \omega) + \sqrt{(L - \omega)^2 - 2 \cdot y}], \quad (4.25)$$

де

$$\omega = 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2);$$

$$y = (d_2 - d_1)^2.$$

Тоді,  $\omega_1 = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (125 + 180) = 478,85$  мм, а  $y_1 = (180 - 125)^2 = 3025$  мм.

Підставивши дані, отримаємо

$$a_1 = 0,25 \cdot [(2000 - 478,85) + \sqrt{(2000 - 478,85)^2 - 2 \cdot 3025}] = 660 \text{ мм},$$

$$\omega_2 = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (224 + 180) = 634,28 \text{ мм},$$

$$y_2 = (224 - 180)^2 = 1936 \text{ мм},$$

$$a_2 = 0,25 \cdot [(2240 - 634,28) + \sqrt{(2240 - 634,28)^2 - 2 \cdot 1963}] = 810 \text{ мм}.$$

Під час монтажу передач необхідно забезпечити можливість зменшення міжосьової відстані на  $0,01L$  для полегшення надівання пасів на шківів і можливість його збільшення на  $0,025L$  для збільшення натягу пасів.

Визначаємо кут охоплення меншого шківів за формулою

$$\alpha = 180^\circ - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a}. \quad (4.26)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \cdot \frac{180 - 125}{660} = 175^\circ,$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - 57 \cdot \frac{224 - 180}{810} = 177^\circ.$$

Визначаємо кількість пасів у передачі за формулою:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{P_o \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z}, \quad (4.27)$$

де  $P_o$  – потужність, що передається одним пасом, кВт;

$C_L$  – коефіцієнт, що враховує довжину паса,  $C_L = 0,98$ ; [13]

$C_\alpha$  – коефіцієнт, що враховує кут охоплення шківів,  $C_\alpha = 0,98$  [13];

$C_z$  – коефіцієнт, що враховує кількість пасів у передачі,  $C_z = 0,95$  [13];

$C_p$  – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації,  $C_p = 1,0$  [13].

Для шківів 1-2 отримаємо:

$$z = \frac{2,5 \cdot 1,0}{1,36 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,95} = 2,01$$

Приймаємо  $z = 2$ .

Натяг вітки клинового паса визначаємо за формулою:

$$F_o = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot V \cdot C_\alpha} + \theta \cdot V^2, \quad (4.28)$$

де  $\theta$  – коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил,  $\theta = 0,18 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$  [13].

$$V = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_1. \quad (4.29)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V = 0,5 \cdot 56,52 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3,53 \text{ м/с}$$

Тоді,

$$F_o = \frac{850 \cdot 2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,98}{2 \cdot 3,53 \cdot 0,98} + 0,18 \cdot 3,53^2 = 301,0 \text{ Н}$$

Тиск на вали визначаємо за формулою

$$F_{\theta} = 2 \cdot F_o \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}. \quad (4.30)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$F_{\theta} = 2 \cdot 301,0 \cdot 2 \cdot \sin \frac{175}{2} = 1191,96 \text{ Н.}$$

Ширину шківів визначаємо за формулою:

$$B_m = (z - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (4.31)$$

де  $f$  – відстань від торця шківів до середини канавки, мм,  $f = 14$  мм;

$e$  – крок канавок, мм,  $e = 24$  мм [13].

Підставивши дані, отримаємо

$$B_m = (2 - 1) \cdot 24,0 + 2 \cdot 14 = 52 \text{ мм.}$$

Таким чином, для приводу ротора необхідно встановити пасову передачу з двома пасами профілю А, причому середній шків 2 має чотири канавки, оскільки є проміжним між іншими шківів передачі.

Проведені розрахунки використовуємо при проєктуванні вузлів і деталей удосконаленої косарки-плющилки.

## 5 ОБГРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СКОШУВАННЯ ТРАВ

Оптимальним часом для скошування люцерни як на сінаж, так і на сіно є фаза бутонізації. У цей період розвитку рослина має оптимальне співвідношення білку, енергії та клітковини. У фазі бутонізації люцерна містить 20-22% білку у сухій речовині. Вміст білку в люцерні з часом стрімко падає і вже у фазі цвітіння рослини міститимуть не більше 14% білку у сухій речовині. Саме тому важливо не пропустити найбільш вдалий час для початку скошування. Під час заготівлі кормів з люцерни в природних умовах практично неможливо уникнути втрат рослинної маси. Мінімізувати такі втрати можна шляхом дотримання вимог технології та правильного підбору техніки, яка заготовляє сіно. Адже вчасно заготовлені корма з люцерни з мінімальними втратами рослинної маси - це додаткових 50 кг білку/тону сіна, або ж додатково 615 – 620 л молока/тону сіна [6].

Операція скошування трав виконується при наступних умовах в господарстві: площа поля – 100 га; група поля – 2; довжина гонів – 1000 м; величина схилу – 3%; висота зрізу рослин – 6 см; урожайність – 250 ц/га.

Для забезпечення високоякісної заготівлі сіна операція скошування повинна відповідати наступним вимогам: висота зрізу рослин для природних сінокосів і багаторічних трав лісної зони при першому укосі повинна складати 5-6 см, а при другому – 6-7 см. Якщо скошувати сіяні багаторічні трави для отримання насіння, то можна збільшити висоту зрізу до 8-9 см. Зріз лучних сіяних трав (першого року) не повинен бути нижче 10-12 см. Однорічні трави і їх суміші скошуються на висоті 4-6 см. Слід пам'ятати, що збільшення висоти зрізу призводить до значних втрат врожаю, а зменшення її знижує послідувачі врожаї трав і збереженість травостоїв. Відхилення висоти зрізу від встановленого рівня не повинно перевищувати  $\pm 0,5$  см, по всій довжині

ріжучого апарату. Необхідно також забезпечити рівний і повний зріз, щоб рослини не виривались із ґрунту, а їх коріння не попадало в скошену масу. Загальні втрати при скошуванні трав від збільшення висоти зрізу, не зрізання рослин та ін. не повинні перевищувати 2%.

Перед початком роботи необхідно підготувати агрегат. Підготовка до роботи трактора включає : встановити ширину колії – 1400-1500 мм; тиск в шинах коліс: напрямних – 0,25МПа; ведучих – 0,14 МПа; встановити довжину центральної тяги системи навіски на довжину – 750 мм.

Підготовка косарки передбачає виконання таких робіт: з'єднати повздожню і центральну тяги механізму навіски трактора з рамою навіски косарки; з'єднати гідросистему косарки з гідросистемою трактора та шарнір карданного валу з ВВП трактора; усунути бокові зміщення косарки відносно повздожньої осі трактора за допомогою блокувального пристрою начіпної системи; встановити раму навіски у вертикальне положення, змінюючи довжину розкосів; відрегулювати висоту рами навіски косарки на 485 мм і зафіксувати гідроциліндр начіпної системи трактора.

Перевірка технічного стану косарки: перевірити і при необхідності залити масло в картер конічного редуктора і різального апарату (вони мають бути заповнені на 1/3 сумішшю мастила такого складу 50% трансмісійного масла (або М-8А) 50% солідолу); перевірити, і при необхідності відрегулювати натяг клинопасової передачі; за допомогою натяжних пристроїв пружин встановити силу тиску на ґрунт башмаків: внутрішнього – 270-700; зовнішнього – 100-300 Н; зміною довжини центральної тяги начіпної системи трактора встановити кут нахилу різального апарату (не більше 7°) за ходом агрегату.

Для того, щоб підготувати поле до обробітку машинно-тракторним агрегатом (МТЗ-82 + косарка-плющилка) потрібно виконати наступні операції: усунути з поля наявні перешкоди; розмітити поле; відмітити поворотні смуги; на місце першого проходу встановити прапорець; спосіб руху круговий; вид повороту безпетльовий з прямою ділянкою.

Розрахуємо швидкісні та тягові режими роботи агрегату.

Знаходимо діапазон швидкості руху агрегату.

$$V = V_{\min} - V_{\max} = 6-12 \text{ км/год}$$

В інтервалі агротехнічно допустимих швидкостей руху вибираємо передачі трактора.

$$V_{T3} = 7,24 \text{ км/год}; \quad V_{TII} = 8,9 \text{ км/год}; \quad V_{TS} = 10,54 \text{ км/год}.$$

Підраховуємо величину тягового зусилля трактора з врахуванням умов роботи:

$$P_{ГAKi} = P_{руш}^i - P_f - P_\alpha, \quad (5.1)$$

де  $P_{ГAKi}$  – номінальне тягове зусилля трактора на  $i$ -й передачі, кН;

$P_f$  – сила опору перекочуванню трактора, кН;

$P_\alpha$  – сила опору рухові трактора на підйом, кН.

Сила опору перекочуванню [14, 15]:

$$P_f = G_{тр} \cdot f_{тр}, \quad (5.2)$$

де  $f_{тр}$  – коефіцієнт опору кочення;

$G_{тр}$  – вага трактора, кН.

$$P_f = 31,5 \cdot 0,05 = 1,575 \text{ кН}.$$

Сила опору трактора на підйом:

$$P_\alpha = G_{тр} \frac{i}{100}, \text{ кН} \quad (5.3)$$

де  $i$  – величина схилу, %.

$$P_\alpha = 31,5 \cdot \frac{3}{100} = 0,945 \text{ кН}.$$

Дотична сила трактора дорівнює [15]:

$$P_{\text{дот}} = \frac{9,554 \cdot N_e \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_k \cdot n_H}, \quad (5.4)$$

де  $N_e$  – ефективна потужність двигуна трактора, кВт;

$i_{\text{тр}}$  – передаточне число трансмісії на задній передачі;

$\eta_{\text{тр}}$  – механічний ККД;

$r_k$  – радіус перекочування [15];

$$r_k = r_0 + h \cdot \lambda, \quad (5.5)$$

де  $r_0$  – радіус сталюого ободу колеса, м;

$h$  – висота шини, м;

$\lambda$  – коефіцієнт прогинання шини;

$n_n$  – частота обертання колінчастого валу, об/хв.

$$r_k = 0,483 + 0,305 \cdot 0,72 = 0,703 \text{ м.}$$

$$P_{\text{дот3}} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 85,5 \cdot 0,90}{0,703 \cdot 2200} = 27,8 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{дот4}} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 68,0 \cdot 0,90}{0,703 \cdot 2200} = 22,3 \text{ кН.}$$

$$P_{\text{дот5}} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 57,4 \cdot 0,90}{0,703 \cdot 2200} = 18,8 \text{ кН.}$$

Силу зчеплення рушіїв з ґрунтом визначимо за формулою [14]:

$$F = G\mu\varphi,$$

де  $G$  - вага трактора,  $G = 33$  кН;

$\mu$ - коефіцієнт зчеплення рушіїв,  $\mu = 0,85$ ;

$\varphi$ - коефіцієнт, який показує яка частина ваги трактора припадає на ведучі колеса,  $\varphi = 0,67$ .

Тоді підставивши дані, будемо мати

$$F = 33 \cdot 0,85 \cdot 0,67 = 18,8 \text{ кН.}$$

Таким чином, рушійна сила трактора для всіх вибраних передач буде становити 18,8 кН.

Тягове зусилля трактора на всіх передачах буде становити

$$P_{\text{гак3}} = 18,8 - 1,6 - 0,9 = 16,3 \text{ кН.}$$

Робочі швидкості трактора [15]:

$$V_p = V_t \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \text{ км/год.} \quad (5.6)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт буксування рушіїв трактора, %;

Визначимо безрозмірний параметр  $p$   $K_{\text{вик}}$  – за його значенням коефіцієнти буксування.

$$p = f(p) = f\left(\frac{P_{\text{гак}} \cdot K_{\text{вик}}}{F_{\text{max}}}\right).$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання,  $K_{\text{вик}} = 0,85$ ;

Тоді, для всіх передач

$$p = 0,05 \cdot \left(\frac{16,3 \cdot 0,85}{18,8}\right) = 0,74.$$

Коефіцієнт буксування рушіїв трактора на всіх передачах буде  $\delta = 12,5$  %.

Робочі швидкості агрегату на відповідних передачах:

$$V_{p3} = 7,24 \cdot \left(1 - \frac{12,5}{100}\right) = 6,3 \text{ км/год.},$$

$$V_{p4} = 8,9 \cdot \left(1 - \frac{12,5}{100}\right) = 7,8 \text{ км/год.},$$

$$V_{p5} = 10,54 \cdot \left(1 - \frac{12,5}{100}\right) = 9,2 \text{ км/год.}$$

Приведений тяговий опір агрегату [14]:

$$R_{\text{пр}} = R_m + R_{\text{ВВП}}, \quad (5.7)$$

де  $R_m$  – тяговий опір машини,

$K_v$  – питомий опір машини, при русі на  $i$ -й передачі, кН/м [14].

$$K_{v_i} = K_0 \cdot [1 + \Delta(V_p - V_0)], \quad (5.8)$$

де  $K_0$  – питомий тяговий опір машини при швидкості  $V = 5$  км/год.;

$V_p$  – фактична робоча швидкість машини;

$V_0$  – початкова швидкість,  $V_0 = 5$  км/год.;

$\Delta$  – приріст питомого опору, агрегату із збільшенням робочої швидкості на 1 км/год,  $\Delta = 2\%$ .

$$K_{v_3} = 0,6 \cdot [1 + 0,02 \cdot (6,3 - 5)] = 0,63 \text{ кН/м.}$$

$$K_{v_4} = 0,6 \cdot [1 + 0,02 \cdot (7,8 - 5)] = 0,65 \text{ кН/м.}$$

$$K_{v_5} = 0,6 \cdot [1 + 0,02 \cdot (9,2 - 5)] = 0,67 \text{ кН/м.}$$

$$R_M = K_v B_p.$$

$$R_{M_3} = 0,63 \cdot 3,0 = 1,9 \text{ кН}$$

$$R_{M_4} = 0,65 \cdot 3,0 = 2,0 \text{ кН.}$$

$$R_{M_5} = 0,67 \cdot 3,0 = 2,1 \text{ кН.}$$

$R_{\text{ВВП}}$  – тягове зусилля, яке міг би додатково розвинути трактор, за рахунок потужності, що витрачається на приведення в дію робочих органів косарки через ВВП [14]:

$$R_{\text{ВВП}} = \frac{3,6 \cdot N_{\text{ВВП}} \cdot \eta_m}{V_p \cdot \eta_{\text{ВВП}}},$$

де  $N_{\text{ВВП}}$  – потужність, що витрачається на приведення в дію робочих органів косарки, через ВВП, кВт.  $N_{\text{ВВП}} = 20$  кВт;

$\eta_{\text{ВВП}}$  – ККД ВВП трактора,  $\eta_{\text{ВВП}} = 0,95$ ;

$$R_{\text{ВВП3}} = \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,9}{6,3 \cdot 0,95} = 10,8 \text{ кН.}$$

$$R_{\text{ВВП4}} = \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,9}{7,8 \cdot 0,95} = 8,7 \text{ кН.}$$

$$R_{\text{ВВП5}} = \frac{3,6 \cdot 20 \cdot 0,9}{9,2 \cdot 0,95} = 7,4 \text{ кН.}$$

Приведений тяговий опір:

$$R_{\text{ПР3}} = 1,9 \cdot 10,8 = 12,7 \text{ кН,}$$

$$R_{\text{ПР4}} = 2 + 8,7 = 10,7 \text{ кН,}$$

$$R_{\text{ПР5}} = 2,1 + 7,4 = 9,5 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля

$$\eta_{\text{вик}} = \frac{R_{\text{пр}}}{P_{\text{ГАК}}}. \quad (6.9)$$

$$\eta_{\text{вик3}} = \frac{12,7}{16,3} = 0,78,$$

$$\eta_{\text{вик4}} = \frac{10,7}{16,3} = 0,66,$$

$$\eta_{\text{вик5}} = \frac{9,5}{16,3} = 0,58.$$

Отже, косарку агрегатувати на всіх передачах, проте ми вибираємо V передачу, оскільки вона є найбільш швидкісною, що дозволяє збільшити продуктивність. Подальші розрахунки проводимо по ній.

Визначимо коефіцієнт використання робочих ходів [15]:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (5.10)$$

де  $L_p$  – середня довжина гону, м;

$L_x$  – середня питома довжина холостого ходу агрегату, м.

Кінематичну довжину агрегату можна визначити за формулою:

$$l_k = l_{тр} + l_m, \quad (5.11)$$

де  $l_{тр}$ ,  $l_m$  – відповідно кінематичні довжини трактора і машини.

$$l_k = 1,2 + 3,5 = 4,7 \text{ м.}$$

Довжина виїзду агрегату

$$l = (0,5 \dots 0,75) \cdot l_k. \quad (5.12)$$

$$l = (0,5 \dots 0,75) \cdot 4,7 = 2,4 \dots 3,5 \text{ м.}$$

Приймаємо  $l = 3,0$  м.

Розрахункову ширину поворотної смуги визначимо за формулою:

$$E_p = 3R + l, \quad (5.13)$$

де  $R$  – радіус повороту агрегату,  $R = 6$  м.

$$E_p = 3 \cdot 6 + 3 = 21 \text{ м.}$$

Фактичне значення ширини поворотної смуги приймають з умови [15]:

$$E_\phi = n \cdot B_p \geq E_p, \quad (5.14)$$

де  $n$  – коефіцієнт кратності ( $n = 1, 2, 3 \dots i$ )

$$E_\phi = 8 \cdot 3,0 \cdot 0,94 = 22,6 \text{ м.}$$

Тоді, середня довжина гону становитиме

$$L_p = L - 2 \cdot E = 1000 - 2 \cdot 22,6 = 954,8 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу

$$C_{онт} = (0,13 \dots 0,20) \cdot L_p = 0,13 \cdot 954,8 \approx 129 \text{ м.} \quad (5.15)$$

Ширина загінки повинна бути кратною ширині захвату агрегату

$$C_a = n \cdot B_p = 70 \cdot 3 \cdot 0,94 = 197,4 \text{ м.}$$

Тоді, коефіцієнт використання робочих ходів становитиме

$$\varphi = \frac{954,8}{954,8+129} = 0,88.$$

Виробіток за годину основного часу розраховують за формулою

$$W_r = 0,1V\beta V_p = 0,1 \cdot 3,0 \cdot 0,94 \cdot 9,2 = 2,6 \text{ га/год.} \quad (5.16)$$

Норма виробітку ( $H_B$ ) на механізовані польові роботи визначаємо за формулою [15]:

$$H_B = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{від} + T_{ос.п.} + T_{обс.})}{60 \cdot (1 + r_{пов} + r_{пер} + r_{доп.р})} \cdot W_r, \quad (5.17)$$

де  $T_{зм}$  – тривалість зміни, хв.;

$T_{пз}$  – тривалість підготовчо-заключних робіт, хв.;

$T_{від}$  – тривалість відпочинку, хв.;

$T_{ос.п.}$  – час на особисті потреби, хв.;

$r_{пов}$  - коефіцієнт повороті.

$$r_{пов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi}.$$

$$r_{пов} = \frac{1 - 0,88}{0,88} = 0,14.$$

$$H_B = \frac{420 - (49 + 21 + 17)}{60 \cdot (1 + 0,14)} \cdot 2,6 = 12,7 \text{ га/зм.}$$

Величина витрати основного палива [15]

$$Q_{га} = \frac{(T_0 \cdot Q_0 + T_{пов} \cdot Q_{пов} + T_{зуп} \cdot Q_{зуп})}{H_B} \quad (5.18)$$

Тоді,

$$Q_{\text{га}} = \frac{(5,36 \cdot 15 + 0,56 \cdot 7 + 0,35 \cdot 1,7)}{10,72} = 7,92 \text{ л/га.}$$

За проведеними розрахунками складаємо операційно-технологічну карту на проведення операції скошування люцерни.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Правила техніки безпеки при виконанні робіт

Особливістю умов праці механізатора в сільськогосподарському виробництві являється те, що велику кількість польових робіт вони виконують на значній відстані від центральної садиби і бригадних станів. В таких умовах важко проконтролювати виконання техніки безпеки працівниками, важко надати своєчасну медичну допомогу в разі такої необхідності. В зв'язку з цим підвищується особиста відповідальність механізатора за безпечне проведення робіт, яка повинна базуватися на знанні правил охорони праці і безпечної експлуатації кожного конкретного агрегату на будь-яких сільськогосподарських роботах.

Основні вимоги техніки безпеки при виконанні механізованих робіт заключаються в наступному:

6.1. Технічний стан трактора і косарки повинен відповідати вимогам заводських інструкцій і агрегат повинен бути укомплектованим набором справного інструмента і пристосувань в відповідності з заводською інструкцією.

6.2. Трактор має бути обладнаним справним іскрогасником і первинними засобами пожежогасіння.

6.3. Важелі управління машинами повинні мати рукоятки із нетеплопровідного матеріалу.

6.4. На захисних огороженнях, а також біля вузлів косарки, небезпечних для обслуговуючого персоналу (ротори косарки і вузли і деталі, які обертаються), повинні бути зроблені написи, які попереджують про небезпеку.

6.5. Частина машини, які рухаються і обертаються (карданні, пасові передачі і т.ін.) повинні бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу.

6.6. Захисні кожухи повинні бути пофарбовані в колір, який відрізняється від загального фарбування машини. Внутрішня поверхня таких кожухів повинна бути пофарбована в червоний колір.

6.7. Кабіна трактора повинна відповідати таким вимогам:

1). Переднє, заднє, бокове скло не повинне мати тріщин і затемнень, які погіршують видимість. Встановлення непрозорих матеріалів замість скла забороняється.

2). Бокове скло при наявності склопід'ємних механізмів повинне легко і плавно опускатися, підніматися і фіксуватися в визначеному положенні.

3). Склоочисники повинні легко переміщатися, забезпечуючи повне очищення скла.

4). Замки дверей кабіни повинні бути справними, виключаючи можливість їх самовільного відкривання під час руху.

5). На подушці і спинці сидіння не допускаються провали, виступаючі пружини і гострі кути. При наявності на тракторі регулюємого сидіння воно повинне фіксуватися в визначеному положенні (при ремонті або заміні сидіння і спинок змінювати їх розміри і форми забороняється).

6). Щитки контрольно-вимірювальних приладів повинні бути освітлені.

7). На полу кабіни повинен лежати гумовий килимок.

8). В місці проходження важелів і педалей повинні бути передбачені конструкцією чохла, які запобігають проникненню пилу в кабіну.

6.8. Двигун не повинен мати протікання палива, масла і води, пропуску вихлопних газів в з'єднаннях вихлопного колектора з двигуном і вихлопною трубою. Лопаті вентилятора повинні бути пофарбовані в колір, який відрізняється від кольору пофарбування двигуна.

6.9. Важелі механізмів пускового двигуна повинні легко і надійно переключатися. Пусковий шнур для ручного запуску двигуна повинен мати рукоятку.

6.10. Технічний стан електрообладнання повинен забезпечувати нормальну роботу стартера, приладів освітлення, сигналізації і електричних контрольних приладів, а також виключати можливість виникнення іскри і втрат струму в дротах і клемах. Електропроводка повинна бути захищена від механічних пошкоджень, а поблизу нагрітих частин двигуна і в місцях, де можливе попадання на неї мастил і палива, повинна бути надійно захищена.

6.11. Акумуляторні батареї повинні знаходитись в місцях, які передбачені інструкцією, надійно закріплені, закриті кришкою і не мати протікання електроліта.

6.12. Технічний стан рульового управління трактора повинен забезпечити легке, надійне і безпечне керування. З'єднувальні пальці тяг повинні бути зашплінтовані стандартними, не бувшими в використанні шплінтами.

6.13. У рульового управління колісного трактора не допускається:

- а) ослаблення кріплення рульової колонки;
- б) ослаблення кріплення рульової сошки на її валу;
- в) несправність повздовжньої і поперечної рульових тяг і їх деталей (згин, тріщини, пошкодження різьби, пробок і наконечників, злому або відсутності шплінтів і т. ін.);
- г) люфт рульових тяг вище вказаного заводом-виготовником;
- д) вільний хід рульового колеса більше  $15^{\circ}$ .

6.14. З'єднувальні шланги гідросистеми повинні бути надійними і не допускається протікання масла.

6.15. Агрегат повинен бути забезпечений медичною аптечкою.

6.16. Питний бачок або термос, який є на тракторі, повинен щодня заповнюватися питною водою.

6.17. Перед початком руху агрегата необхідно впевнитися, що попереду немає людей, потім подати попереджувальний звуковий сигнал і зрушити з місця.

6.18. Всі кріпильні роботи, очищення, змащення треба виконувати після зупинки трактора і виключення передачі до ротора, який обертається.

6.19. Забороняється лежати, відпочивати на ділянках, де працюють косарки і сінозбиральні агрегати, перевозити людей і сторонні вантажі на вузлах косарки.

6.20. Під час обслуговування машини вона повинна займати стійке положення. Під колеса трактора встановлюються упори, а під націплену косарку ставлять козли або спеціальні підставки, які пройшли попереднє випробовування на вантажопід'ємність.

6.21. Підтягування болтових з'єднань, операції по регулюванню виконують тільки справним інструментом.

Представлені вище заходи можуть бути використані при проведенні інструктажів з обслуговуючим персоналом перед початком заготівлі сіна в господарстві.

## 6.2 Охорона праці при вирощуванні люцерни і заготівлі кормів

Розглянемо деякі заходи з охорони праці при заготівлі сінажу. Перед початком робіт по заготівлі сінажу механізатори і робітники повинні пройти інструктаж по техніці безпеки і пожежній безпеці.

При транспортуванні різальний апарат косарки повинен бути закритий захисними щитками. Слідкувати, щоб перед пуском і під час роботи нікого не було попереду агрегату.

При встановленні на трактори навантажувального обладнання ширина колії передніх коліс трактора повинна бути не менше 1400 мм, а задніх – 1900 мм. На тракторах і машинах, які агрегуються з ними, а також на збиральних комбайнах для обслуговуючого персоналу необхідно обладнати двосторонню сигналізацію (звукову або іншу) і мати медичну аптечку і бачок (термос) для питної води.

Необхідно відводити спеціальні місця для відпочинку, куріння, зберігання і заправки техніки.

Забороняється починати роботу не впевнившись в тому, що всі запобіжні загрози механізмів і машин правильно встановлені; оглядати, регулювати і

усувати неполадки робочих органів машин при русі агрегату, а обладнання і електропристрої – при працюючому двигуні; очищати на робочому або холостому ході від трави ріжучі апарати, рухомі і обертаючі частини машин і механізмів, змащувати ланцюги, підшипники і інші деталі, які труться; застосовувати для переносного освітлення електроживлення з напругою вище 12В; допускати втрату і розливання палива і мастила при заправці і мащенні тракторів і самохідних сільськогосподарських машин.

Всі небезпеки виявлені в процесі вирощування, заготівлі та використання сінажу з люцерни були систематизовані і на цій основі розроблено заходи по усуненню цих небезпек.

Рільнична бригада в господарстві є самостійним структурним підрозділом. Очолює бригаду бригадир рільничої бригади. Робочий день у польовий період становить 8 годин, у зимовий - 6 годин. При збирання трав на сінаж в господарстві використовують косарки КС-2,1Б, КПРН-3,0, які рухають по загінній схемі руху з правими поворотами. Такий спосіб руху дає можливість дотриматись розділу протипожежних смуг на території поля.

Місця відпочинку відведено в центральній частині прилягаючої лісосмуги. В польовій сівозміні інколи використовують і круговий спосіб руху збиральних агрегатів з відведенням протипожежних смуг та прокосів для диких тварин.

### 6.3 Розрахунок засобів індивідуального захисту

Механізатора, допоміжному персоналу і спеціалістам, які зайняті на заготівлі сіна, передбачена безкоштовна видача за встановленими нормами спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту [18].

Необхідну кількість спеціального одягу і засобів індивідуального захисту для підрозділу визначимо шляхом визначення кількості робітників, зайнятих одночасно на виконанні даної операції і норм видачі спецодягу для даної операції [18, 19]. Дані розрахунків заносимо у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Норма видачі спецодягу і засобів індивідуального захисту

Вид спецодягу	Строк до списування, місяців	Необхідна кількість
Костюм із пилезахисної тканини	12	5
Респіратор	До зношування	4
Окуляри захисні	До зношування	2
Комбіновані рукавиці	6	3
Мило	-	10
Порошок пральний	-	5

#### 6.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці

1. Провести паспортизацію виробничих підрозділів; інженер з охорони праці. Проводиться щорічно
2. Укомплектувати медичні аптечки; інженер з охорони праці. Березень 2024 року.
3. Провести 32-годинні курси з охорони праці; керівники підрозділів господарства. Лютий 2024 року.
4. Встановити необхідну кількість попереджуючих і забороняючих знаків і табличок; інженер з охорони праці. Травень 2024 року.
5. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт; керівники підрозділів. Постійно.
6. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем; керівник господарства. Квітень 2024 року.
7. Виділити і обладнати спеціальне місце для куріння; керівники підрозділів. Квітень 2024 року.
8. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту; інженер з охорони праці. Травень 2024 року.
9. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці;

інженер з охорони праці. Постійно.

10. Дообладнати кабінет з охорони праці зразками засобів індивідуального захисту. інженер з охорони праці. Постійно.

11. Придбати 100 респіраторів для використання при обприскуванні посівів отрутохімікатами та для інших небезпечних робіт. Інженер з охорони праці. Вересень 2024 року.

12. Придбати 50 вогнегасників різних типів: хімічного типу – 10 шт., порошкових – 30 шт., кислотних – 10 шт. Жовтень 2024 року.

13. Обладнати вогнегасниками всі технічні засоби, що можуть бути пожежо-небезпечними. Квітень 2024 року

14. Забезпечити робітників, що працюють в полі вагончиками для відпочинку та побутових потреб. Квітень 2024 року.

## 7 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Доцільність впровадження нововведень підтверджується економічною ефективністю. Новизна повинна не тільки не уступати базовому варіантові, а й перевищувати по певним показникам. На реалізацію нововведення потрібні певні затрати, або можливе більш повне і правильне використання машин і енергозасобів, що використовуються в базовому варіанті.

Розраховуємо економічну ефективність удосконалення косарки КПРН-3,0. За базовий варіант на операції скошування трав приймаємо трактор МТЗ-80 в агрегаті з серійною косаркою КПРН-3,0. Новий варіант включає трактор МТЗ-80 в агрегаті з удосконаленою косаркою КПРН-3,0М. Базовий і новий агрегат має однакову продуктивність рівну 1,81 га/год. Витрати палива у базового варіанту становлять 5,9 л/га, а у нового 7,9 л/га. Балансова вартість серійної косарки КПРН-3,0 становить – 18400 грн. Нормативне річне завантаження – 200 год. Відрахування на реновацію – 14,4 %. Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування косарки становить – 9 %.

Балансова вартість трактора МТЗ-80 становить – 101600 грн. Нормативне річне завантаження – 1600 год. Відрахування на реновацію – 10 %. Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування – 8 %.

На відміну від серійної косарки в удосконаленій встановлено додатковий пристрій для динамічного плющення рослин, тобто її вартість буде більшою від вартості серійної на вартість плющильного апарату. Вартість апарату для динамічного плющення рослин у косарки CAT NOVA 215 фірми RÖTTINGER (Австрія) становить 2970 грн. [20]. Отже вартість удосконаленої косарки буде становити:

$$B_{\mu} = B_{\sigma} + B_{\text{к.а.}}, \quad (7.1)$$

де  $B_{\sigma}$  – вартість базової косарки;

$B_{\text{к.а.}}$  – вартість додаткового плющильного апарату.

$$B_n = 18400 + 2970 = 21370 \text{ грн.}$$

Базовий і новий агрегат обслуговує тракторист; оплату праці якому здійснюють по VI розряду тарифної сітки і з врахуванням мінімальної заробітної плати 6700 грн. вона становить 291 грн. за норму виробітку.

Затрати праці на виконання операції визначаються за формулою:

$$z_n = \frac{m}{W_{г.ек}} \quad (7.2)$$

де  $m$  – кількість обслуговуючого персоналу.

Затрати праці при скошуванні базовим і новим агрегатом становлять:

$$(z_n)^n = (z_n)^6 = \frac{1}{1,81} = 0,55 \text{ люд.-год./га.}$$

Питомі, прямі експлуатаційні витрати  $C_{пит}$  грн./га, на виконання механізованих робіт визначається за формулою:

$$C_{пит} = C_{оп} + C_{пмм} + C_{ра} + C_{кто}, \quad (7.3)$$

де  $C_{оп}$  – питомі прямі експлуатаційні витрати грошових коштів на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./га;

$C_{пмм}$  – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{ра}$  – відрахування на реновацію (повне відрахування) складових елементів машинно-тракторного агрегату в цілому грн./га;

$C_{кто}$  – відрахування на капітальний і поточний ремонт та технічне обслуговування по всіх складових елементах машинно-тракторного агрегату.

Оплата праці обслуговуючого персоналу, при скошуванні базовою і удосконаленою косаркою можна визначити за формулою:

$$C_{\text{оп}} = \frac{mf}{W_{\text{зм}}} \quad (7.4)$$

де  $f$  – оплата праці за змінну норму виробітку, грн.;

$m$  - кількість обслуговуючого персоналу, осіб;

$W_{\text{зм}}$  – змінна норма виробітку, га.

$$C_{\text{оп}} = \frac{1 \cdot 291}{12,7} = 22,94 \text{ грн./га.}$$

Вартість витрачених паливо мастильних матеріалів, грн./га можна визначити за формулою:

$$C_{\text{ПММ}} = C_{\text{к}} g_{\text{га}} \quad (7.5)$$

де  $C_{\text{к}}$  – комплексна ціна палива з урахуванням основного палива, пускового бензину і мастил,  $C_{\text{к}} = 54$  грн./л;

$g_{\text{га}}$  – витрата палива, л/га.

Звідси вартість витрачених ПММ становить:

- для базового агрегату

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 5,9 \cdot 54 = 318,6 \text{ грн./га;}$$

- для нового агрегату

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 7,9 \cdot 54 = 426,6 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті  $C_{\text{ра}}$  грн./га визначається так:

$$C_{\text{ра}} = \frac{\alpha_{\text{рт}} \cdot B_{\text{т}}}{100 \cdot W_{\text{га}} \cdot t_{\text{т}}} + \frac{\alpha_{\text{рм}} \cdot B_{\text{м}}}{100 \cdot W_{\text{га}} \cdot t_{\text{м}}}, \quad (7.6)$$

де  $\alpha_{\text{рт}}$  і  $\alpha_{\text{рм}}$  – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

$B_m$  і  $B_M$  – балансова вартість відповідно трактора і машини, грн.;

$W_{га}$  – продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

$t_m$  і  $t_M$  – зональне річне завантаження відповідного трактора і косарки, год.

Відрахування на реновацію для базового і нового агрегату, будуть становити:

$$(C_{pa})^б = \frac{10 \cdot 101600}{100 \cdot 1,81 \cdot 1600} + \frac{14,4 \cdot 18400}{100 \cdot 1,81 \cdot 200} = 10,83 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{pa})^н = \frac{10 \cdot 101600}{100 \cdot 1,81 \cdot 1600} + \frac{14,4 \cdot 21370}{100 \cdot 1,81 \cdot 200} = 12,01 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт, а також технічне обслуговування,  $C_{кто}$  грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{кто} = \frac{\alpha_{кт} \cdot B_m}{100 \cdot W_{г.ек} \cdot t_m} + \frac{1}{100 \cdot W_{г.ек}} \cdot \left( \frac{\alpha_m \cdot B_m}{t_m} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right), \quad (7.7)$$

де  $\alpha_{кт}$  – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

$\alpha_t$  і  $\alpha_M$  – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %.

Відрахування на капітальний і поточний ремонти і технічне обслуговування, будуть становити:

$$(C_{кто})^б = \frac{5 \cdot 101600}{100 \cdot 1,81 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 1,81} \cdot \left( \frac{8 \cdot 101600}{1600} + \frac{9 \cdot 18400}{200} \right) = 9,13 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{кто})^н = \frac{5 \cdot 101600}{100 \cdot 1,81 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 1,81} \cdot \left( \frac{8 \cdot 101600}{1600} + \frac{9 \cdot 21370}{200} \right) = 9,87 \text{ грн./га.}$$

Таким чином, питомі прямі експлуатаційні витрати для базового агрегату становлять

$$(C_{пит})^б = 22,94 + 318,6 + 10,83 + 9,13 = 361,5 \text{ грн./га.}$$

Для нового агрегату прямі експлуатаційні витрати становлять

$$(C_{\text{пит}})^H = 22,94 + 426,6 + 12,01 + 9,87 = 471,4 \text{ грн./га.}$$

Як видно з результатів розрахунків модернізація косарки КПРН-3,0 призводить до зростання питомих експлуатаційних витрат на 109,9 грн./га. Однак встановлення на косарку-плющилку додаткового плющильного апарату дає змогу прискорити процес сушіння трави в 1,5-2 рази, що призведе до зменшення втрати поживних речовин при заготівлі сінажу на 5-10 % [5].

Поживність сінажу із люцерни становить 0,33-0,35 кормових одиниць. Приймаємо, що в середньому поживність сінажу становить 0,34 кормових одиниць. Отже, удосконалення косарки дозволить зменшити втрати поживних речовин, на 0,02-0,03 кормових одиниць, тобто дозволить одержати додаткову продукцію. Прийmemo, що в нашому випадку зменшення втрат поживних речовин буде становити 0,02 корм. од.

Відомо, що одна кормова одиниця за поживністю рівна одному кілограму вівса. При закупівельній ціні вівса 7000 грн./т, або 7,0 грн./кг, запровадження плющильного апарату, дає змогу одержати грошовий еквівалент  $0,02 \cdot 7,0 = 0,14$  гривень на один кілограм сінажу. При врожайності сінажу 75 центнерів з гектара можна одержати додаткову продукцію, яка в грошовому еквіваленті буде мати наступну величину:

$$U_c \cdot C_{\partial} = D_n, \quad (7.8)$$

де  $U_c$  – врожайність сінажу, кг/га;

$C_{\partial}$  – ціна додатково отриманої продукції.

$$D_n = 7500 \cdot 0,14 = 1050 \text{ грн./га.}$$

Таким чином, запровадження удосконаленої косарки-плющилки дасть змогу одержати додаткову продукцію, яка в грошовому еквіваленті буде становити 1050 грн./га.

Питомі капіталовкладення визначимо за формулою:

$$K_{\Pi} = \left( \frac{C_T}{t_T W} + \frac{C_M}{t_M W} \right), \quad (7.9)$$

де  $C_T, C_M$  – відповідно, ціна трактора і машини, грн.

Підставивши дані, будемо мати наступні питомі капіталовкладення при скошуванні трави:

базовим агрегатом

$$K_{\Pi.б.} = \frac{101600}{1600 \cdot 1,81} + \frac{18400}{200 \cdot 1,81} = 85,90 \text{ грн./га,}$$

агрегатом з модернізованою косаркою

$$K_{\Pi.н.} = \frac{101600}{1600 \cdot 1,81} + \frac{21370}{200 \cdot 1,81} = 94,11 \text{ грн./га.}$$

Отже, скошування трави агрегатом в склад, якого входить модернізована косарка призведе до зростання питомих капіталовкладень на 8,21 грн./га.

Річний економічний ефект від впровадження модернізованої косарки визначимо за формулою:

$$E_p = [(C_{\text{пит.б.}} + EK_{\Pi.б.}) - (C_{\text{пит.н.}} + EK_{\Pi.н.}) + D] W t_m, \quad (7.10)$$

де  $E$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E = 0,15$ .

$$E_p = [(361,5 + 0,15 \cdot 85,90) - (471,4 + 0,15 \cdot 94,11) + 1050] \cdot 1,81 \cdot 200 \approx 339870,9 \text{ грн.}$$

Строк окупності затрат на модернізацію косарки визначимо за формулою:

$$T_o = \frac{S_m - S_{\bar{o}}}{E_p}, \quad (7.11)$$

Результати розрахунків економічної ефективності приведемо в таблицю.

Найменування показника	Агрегат		Відхилення +, -
	МТЗ-80 + КПРН-3,0	МТЗ-80 + КПРН-3,0М	
Продуктивність, га/год.	1,81	1,81	0
Затрати праці, люд-год./га	0,55	0,55	0
Прямі питомі експлуатаційні затрати, грн./га	361,5	471,4	+ 53,72
Затрати на ПММ, грн./га	318,6	426,6	+ 51,80
Відрахування на реновацію грн./га	10,83	12,01	+ 1,18
Затрати на ремонт, грн./га	9,13	9,87	+ 0,74
Заробітна плата	22,94	22,94	0
Питомі капіталовкладення, грн./га	85,90	94,11	+ 8,28
Затрати на модернізацію, грн.		2970	
Економічний ефект від додаткової продукції, грн./га		1050	
Річний економічний ефект, грн..		339870,9	
Строк окупності затрат, років		0,012	

Результати розрахунків економічної ефективності показують, що впровадження в господарстві удосконаленої технології вирощування і заготівлі кормів з удосконаленою косаркою КПРН-3,0, за рахунок зменшення втрат поживних речовин (при заготівлі сінажу), одержати річний економічний ефект в сумі 339870,9 грн. Термін окупності модернізованої косарки при впровадженні удосконаленої технології в господарстві становить менше одного року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз наукової літератури, досліджень і практичних даних дозволив нам вибрати оптимальні для даного господарства елементи технології заготівлі кормів. Перспективною культурою для заготівлі кормів є бобові трави і зокрема люцерна. Проведені розрахунки технологічної карти дали можливість визначити потребу в ресурсах і скласти графіки завантаження тракторів і сільськогосподарських машин, які задіяні в технологічній карті. Це дасть можливість оптимізувати завантаження техніки на весь сезон польових робіт.

2. Запропоновано удосконалення косарки КПРН-3,0, суть якого полягає у встановленні після плющильних вальців пальцевого ротора для додаткового динамічного плющення та розпушування рослинної маси.

3. Визначено основні параметри і режим роботи удосконаленої косарки-плющилки. Розроблена операційно-технологічна карта на проведення скошування бобових трав в господарстві і визначено основні технологічні показники процесу з використанням удосконаленої косарки.

4. Зроблено аналіз стану охорони праці в господарстві і розроблені заходи по безпечному проведенню заготівлі кормів з використанням удосконаленої техніки. Проведено розрахунки засобів індивідуального захисту працівників господарства.

5. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що при впровадженні удосконаленої технології з використанням обладнаної косарки КПРН-3,0М додатковим плющильним апаратом динамічної дії дозволить, за рахунок зменшення втрат поживних речовин при заготівлі сінажу, одержати річний економічний ефект в сумі 339870,9 грн. Термін окупності модернізованої косарки становить менше одного року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Остащенко М. Що з агросектором? Наслідки війни: оцінки і прогнози.- 08.11.2022. <https://agro-business.com.ua/agro/ekspertna-dumka/item/25469-shcho-z-ahrosektorom-naslidky-viiny-otsinky-i-prohnozy.html>.
2. Кириченко А. Рік аграрної непереможності: як Україна попри війну годувала себе та світ. – 04.01.2023. - <https://www.unian.ua/economics/agro/rik-agrarnoji-neperemozhnosti-yak-ukrajina-popri-viynu-goduvala-sebe-ta-svit-12099183.html>.
3. Лиса А. Заготівля кормів в умовах війни та обмежених ресурсів – рекомендації від НААН. <https://landlord.ua/news/zahotivlia-kormiv-v-umovakh-viiny-ta-obmezhenykh-resursiv-rekomendatsii-vid-naan/>
4. Корнійчук О.В., Петриченко В.Ф. Наукове забезпечення виробництва кормів в умовах воєнного стану//Корми і кормовиробництво. 2022. Випуск 93. С. 10-20.
5. Рослинництво: Підручник/ О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко — К.: Аграрна освіта, 2001. — 591 с.
6. Мечта М., Бабинець Т. Ефективний спосіб виробництва високоякісних кормів// Техніка АПК. - № 6-7 (червень-липень), 2006 р. – с. 10-13.
7. Карпенко М. Розширення функціональності кормозбиральної техніки// Пропозиція. - №4 (130), 2006. – с.120-122.
8. Карпенко М., Карпенко В. Перспективна технічна політика в галузі механізації заготівлі стеблових кормів в Україні// Пропозиція. - №4, 2005. с. 116 – 118.
9. Сало Я., Федак Д. Вплив засобів механізації на ефективність заготівлі сіна // Техніка АПК. – №5 (травень), 2008. – с. 33-37.
10. Осьмак В., Качан І. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №5, 2010. – с. 119-127.

11. Філоненко Л., Тихоненко О. Сучасна техніка для заготівлі кормів// Пропозиція. - №6, 2011. – с. 107-112.
12. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
13. Довідник з опору матеріалів / Пісаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Пісаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
14. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
15. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
16. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
17. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф. Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
18. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..
19. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.
20. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.