**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 дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

# Удосконалення механізації заготівлі кормів з модернізацією косарки

**Виконав:** студент 4 курсу, групи АІ-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Коваль Андрій Володимирович

**Керівник:** _____ Кобець Олександр Миколайович

**Рецензент:** _____

Дніпро - 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

_____ Теслюк Г.В.

(підпис) прізвище, ініціали)

«____» _____ 2026 р

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Коваль Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проєкту:** Удосконалення механізації заготівлі кормів з модернізацією косарки

керівник проєкту Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу

від «05» травня 2026 року № 912

**2. Строк подання студентом проєкту** 12.06.2026 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Аналіз сучасного стану розвитку кормовиробництва та технічного забезпечення процесів заготівлі кормів. Вивчення наявних конструкцій машин для скошування. Проведення патентного пошуку, опрацювання науково-технічної літератури та узагальнення матеріалів за темою дипломного проєкту

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1.Технологічні основи заготівлі сіна. 2. Огляд існуючих засобів механізації. 3. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів модернізованої косарки. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічні показники. Висновки та пропозиції. Література.

**5. Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Огляд конструкцій косарок (А1). 2. Косарка модернізована. Кресленик загального виду (А1). 3.Ніж. Складальне креслення (А2). 4. Плита (А3). 5. Хомут (А3). 6. Балка (А3). 7. Лонжерон (А3). 8. Шпилька (А3). 9.Втулка (А4). 10. Плпнка (А4). 11. Економіка (А1).

**6. Консультанти розділів проєкту**

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-5 | Кобець О.М., доцент | 10.02.2026 | |
| нормоконтроль | Теслюк Г.В., доцент | | |

**7. Дата видачі завдання**: 07.10.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту | Строк виконання етапів проєкту | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | до 01.04.2026 р. | |
| 2 | Технологічний | до 15.04.2026 р. | |
| 3 | Конструкційний | до 30.04.2026 р. | |
| 4 | Охорона праці | до 10.05.2026 р. | |
| 5 | Економічний | до 22.05.2026 р. | |
| 6 | Графічна частина | до 12.06.2026 р. | |

**Студент** _____ Коваль А.В.
(підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник проєкту** _____ Кобець О.М.
(підпис ) (прізвище та ініціали)

| № п/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість аркушів | Номер аркуша | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Текстові документи | | | |
| 1 | А4 | 52ДП.123000.000.ПЗ | Пояснювальна записка | 68 | | |
| | | | | | | |
| | | | Графічні матеріали | | | |
| 2 | А1 | 52ДП.123.000.001.ОК | Огляд конструкцій косарок | 1 | 2 | |
| | | | | | | |
| 3 | А1 | 52ДП.123000.002.СК | Косарка модернізована | 1 | 3 | |
| 4 | А2 | 52ДП.123000.003.СК | Ніж | 1 | 4 | |
| 5 | А4 | 52ДП.123000.004. | Планка | 1 | 4 | |
| 6 | А3 | 52ДП.123000.005. | Плита | 1 | 4 | |
| 7 | А2 | 52ДП.123000.005. | Рама знаряддя. | 1 | 4 | |
| 8 | А3 | 52ДП.123000.006. | Хомут | 1 | 4 | |
| 9 | А3 | 52ДП.123000.007. | Балка | 1 | 5 | |
| 10 | А3 | 52ДП.123000.008. | Шпильки | 1 | 5 | |
| 11 | А3 | 52ДП.123000.009. | Лонжерон | 1 | 5 | |
| 12 | А4 | 52ДП.123000.010. | Втулка | 1 | 5 | |
| 13 | А1 | 52ДП.123000.011.Е | Економіка | 1 | 6 | |

| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | 52 ДП.123.000.000.ПЗ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розробив | | Коваль А.В. | | | Відомість дипломного проєкту | аркуш | аркуші |
| Перевірив | | Кобець О.М. | | | | 4 | 68 |
| Консульт. | | | | | | ДДАЕУ | |
| Н. контр. | | Теслюк Г.В. | | | | | |
| Затверд. | | Теслюк Г.В. | | | | | |

# АНОТАЦІЯ

Коваль А.В. Удосконалення механізації заготівлі кормів з модернізацією косарки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто питання підвищення ефективності механізованого скошування трав на ділянках зі складним рельєфом. Об’єктом дослідження є сегментно-пальцьова косарка КС-2,1, яка широко застосовується у сільськогосподарському виробництві. У роботі проведено аналіз існуючих конструкцій косарок і різальних апаратів, зокрема підпірного та безпідпірного типів зрізування, визначено їх переваги та недоліки.

Запропоновано конструктивне удосконалення косарки КС-2,1 шляхом встановлення поворотної рами, яка дозволяє змінювати кут нахилу різального бруса в межах 0…45°. Це забезпечує ефективну роботу машини на схилах і ділянках зі складним рельєфом без погіршення якості скошування.

У проєкті виконано необхідні теоретичні та інженерні розрахунки, зокрема визначено оптимальну швидкість різання, проведено силовий аналіз різального апарата, розраховано навантаження на ніж і елементи привідного механізму

Розроблено розділи з охорони праці та захисту навколишнього середовища при експлуатації модернізованої косарки. Модернізована косарка забезпечує розширення технологічних можливостей використання машини та підвищення ефективності її експлуатації.

**Ключові слова:** косарка КС-2,1, різальний апарат, сегментно-пальцьовий механізм, модернізація, поворотна рама, швидкість різання, силовий аналіз, заготівля сіна, схили, кормовиробництво.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАГОТІВЛІ СІНА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТРАВОСТОЮ 10
1.1. Біологічні та агротехнічні передумови ефективного використання травостою 10
1.2. Технологія скошування, сушіння та заготівлі сіна 12
1.3. Способи зберігання сіна та підвищення його якості 15
Висновки до розділу 18
2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ 20
2.1. Косарки для заготівлі сіна і сінажу 20
Висновки по розділу 33
3. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КОСАРКИ 34
3.1. Принцип дії та робочий процес вдосконаленої косарки 34
3.2. Обґрунтування оптимальної швидкості різального процесу 37
3.3. Аналіз силової взаємодії в різальному апараті 39
3.4. Встановлення необхідної потужності приводу ножа 43
3.5. Розрахунок шпонкового з’єднання 44
3.6. Визначення довговічності підшипників 45
Висновок по розділу 46
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОБОТІ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОСАРКИ КС-2,1 48
4.1. Охорона праці при роботі косарки КС-2,1 48
4.2. Захист навколишнього середовища 50
Висновок по розділу 53
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ 54
Висновок по розділу 55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 57

ЛІТЕРАТУРА 59

ДОДАТКИ 62

# ВСТУП

Однією з ключових умов отримання високоякісного сіна є своєчасне проведення скошування трав, зокрема у ранні фази їх розвитку. Саме в цей період рослини характеризуються максимальним вмістом перетравного протеїну, вітамінів та інших біологічно активних речовин, що визначає високу поживну цінність корму. Запізнення зі скошуванням призводить до зниження якості сіна через підвищення вмісту клітковини та зменшення частки легкозасвоюваних поживних компонентів.

Ранній перший укіс має важливе агротехнічне значення, оскільки створює сприятливі умови для формування наступних укосів. За оптимальних умов вирощування, таких як достатнє забезпечення вологою, теплом і поживними речовинами, багаторічні трави здатні формувати 2-3 укоси за вегетаційний період, а в умовах зрошення - до 4-5. Це дозволяє значно підвищити ефективність використання кормових угідь і забезпечити тваринництво високоякісною зеленою масою протягом тривалого часу.

Зелена маса трав широко використовується у годівлі тварин як важливий компонент раціонів. Вона може застосовуватися безпосередньо у свіжому вигляді або перероблятися на різні види кормів, зокрема сіно, сінаж, силос, трав’яне борошно, кормові брикети та білково-вітамінні концентрати. Особливе значення має люцерна, яка є однією з найцінніших кормових культур. Разом із злаковими травами вона формує високоякісні суміші, що широко використовуються для заготівлі сіна.

Водночас слід враховувати, що хімічний склад рослин змінюється залежно від фази розвитку. Найбільша концентрація протеїну, незамінних амінокислот, вітамінів і пігментів міститься у листковій частині рослин. Із віком частка листя зменшується, тоді як у стеблах зростає вміст клітковини, що негативно впливає на поживну цінність корму. У результаті цього знижується загальна перетравність і кормова ефективність рослинної маси.

Таким чином, оптимальним строком скошування трав для заготівлі високоякісних кормів є фаза бутонізації бобових культур та колосіння злакових, а завершення збирання доцільно проводити на початку цвітіння. Саме дотримання цих строків дозволяє отримати корм із найкращими поживними характеристиками.

У сучасних умовах підвищення ефективності кормовиробництва значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів. Важливу роль у цьому відіграють косарки, які забезпечують своєчасне та якісне скошування травостою. Особливо актуальним є удосконалення їх конструкцій для роботи на ділянках зі складним рельєфом, що і визначає напрям даного дипломного проєкту.

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАГОТІВЛІ СІНА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТРАВОСТОЮ

## 1.1. Біологічні та агротехнічні передумови ефективного використання травостою

Раціональне використання багаторічних і однорічних трав є важливою умовою формування стабільної кормової бази господарства. Від строків скошування, частоти укосів, висоти зрізу та організації збирання залежить не лише урожайність трав, а й їх довговічність, поживна цінність та здатність до відновлення в наступні роки використання. За надмірно інтенсивного використання травостою рослини поступово виснажуються, їх ріст і розвиток послаблюються, а сам травостій швидко зріджується, що призводить до зниження продуктивності.

Особливо чутливою до режиму скошування є люцерна. Занадто часті укоси не дають змоги рослинам накопичувати достатню кількість поживних речовин у кореневій системі, внаслідок чого погіршується відростання та знижується зимостійкість. Саме тому скошування люцерни доцільно проводити з інтервалом 35-40 днів, що забезпечує найбільш раціональне поєднання врожайності, якості зеленої маси та довговічності травостою. Важливе значення має також висота зрізу, яка повинна становити 6-8 см. Такий зріз сприяє кращому збереженню вузлів відновлення і забезпечує швидше формування наступного укосу.

Молоді, неогрубілі трави мають підвищену кормову цінність, оскільки містять більше протеїну, каротину та мінеральних речовин. Крім того, при сушінні вони менше втрачають листочки, які є найбільш поживною частиною рослин. Для забезпечення високої продуктивності травостою та більш рівномірного використання кормової маси поле доцільно ділити на декілька ділянок і скошувати їх у різні строки: перші

ділянки - не пізніше початку бутонізації, а останні - у фазі масового цвітіння. Такий підхід дозволяє краще організувати заготівлю корму та підвищити ефективність використання техніки.

Таблиця 1.1

Вплив строків скошування на якість і продуктивність травостою

| Показник | Раннє скошування | Оптимальне скошування | Запізніле скошування |
|---|---|---|---|
| Фаза розвитку рослин | Початок бутонізації | Бутонізація - початок цвітіння | Масове цвітіння |
| Урожайність зеленої маси | Середня | Висока | Висока |
| Вміст протеїну | Високий | Високий | Знижений |
| Вміст клітковини | Низький | Середній | Високий |
| Інтенсивність висушування | Висока | Достатня | Нижча |
| Втрати листочків при заготівлі | Малі | Мінімальні | Підвищені |
| Відновлення травостою | Добре | Найкраще | Послаблене |
| Загальна якість сіна | Висока | Найвища | Нижча |

Аналіз даних табл. 1.1 показує, що найдоцільнішим є проведення скошування у фазі бутонізації - початку цвітіння. У цей період досягається найкраще поєднання врожайності, поживної цінності корму та здатності рослин до подальшого відновлення. При надто ранньому скошуванні знижується загальний збір маси, а при запізнілому - погіршується якість корму внаслідок зростання вмісту клітковини та зниження частки поживних листків.

Окрему увагу слід приділяти останньому укосу восени. Для успішної перезимівлі люцерни в умовах Полісся та Лісостепу його рекомендується проводити не пізніше кінця серпня, а в степових районах - до 20 вересня або вже після завершення вегетації. Висота останнього зрізу повинна бути не меншою за 10 см, оскільки залишені стебла затримують сніг, зменшують ризик вимерзання і сприяють накопиченню вологи у ґрунті.

## 1.2. Технологія скошування, сушіння та заготівлі сіна

Технологія заготівлі сіна складається з комплексу взаємопов'язаних операцій, до яких належать скошування травостою, плющення стебел, прив'ялювання, ворушіння, згрібання у валки, підбирання, пресування або формування скирт, транспортування та зберігання. Якість виконання кожної з цих операцій безпосередньо впливає на втрати сухої речовини, протеїну, каротину та інших поживних речовин.

При високому врожаї, полеглому або переплутаному травостої найбільш ефективними є роторні косарки. Для бобових трав, зокрема люцерни, конюшини та еспарцету, у сприятливу погоду доцільно одночасно зі скошуванням проводити плющення маси. Цей технологічний прийом полягає у пошкодженні стебел, унаслідок чого прискорюється вихід вологи та майже удвічі скорочується період сушіння. Найкращі результати забезпечують ребристі гумові вальці, тоді як металеві вальці можуть призводити до підвищених втрат листочків і суцвіть. Для злакових трав плющення є менш ефективним, а при дощовій погоді його взагалі недоцільно застосовувати.

Після скошування зелена маса проходить стадію прив'ялювання. Для прискорення цього процесу проводять ворушіння трави, а після зниження вологості до 45-55 % масу згрібають у валки для подальшого досушування. У валках зменшується негативний вплив сонячного проміння на рослинну

масу, завдяки чому краще зберігаються каротин, листочки та суцвіття. Після досягнення вологості близько 25 % підсушене сіно доцільно зібрати в копиці, де воно протягом 2-3 діб досихає до стандартної вологості 17 %. Лише після цього корм придатний для тривалого зберігання.

Таблиця 1.2

Основні технологічні параметри заготівлі сіна

| Показник | Рекомендоване значення |
|---|---|
| Інтервал між укосами люцерни, днів | 35-40 |
| Висота скошування, см | 6-8 |
| Висота останнього укосу восени, см | не менше 10 |
| Вологість маси при згрібанні у валки, % | 45-55 |
| Вологість сіна перед збиранням у копиці, % | 25 |
| Стандартна вологість сіна при зберіганні, % | 17 |
| Вологість маси при тюкуванні без досушування, % | 20-22 |
| Вологість маси при тюкуванні з досушуванням, % | до 30 |
| Тривалість активного вентилювання, год | 130-180 |

Наведені в табл. 1.2 параметри є основою правильної організації технологічного процесу заготівлі сіна. Їх дотримання дозволяє мінімізувати втрати поживних речовин, знизити ризик самонагрівання корму та забезпечити одержання якісного продукту для тривалого зберігання.

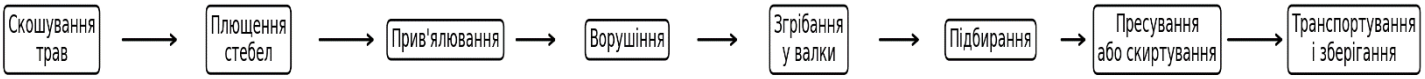



Рис. 1.1. Технологічна схема заготівлі сіна

З рисунка 1.1 видно, що заготівля сіна є багатостадійним процесом, у якому якість кінцевого корму залежить від правильності та своєчасності виконання кожної окремої операції. Порушення послідовності або затримка на будь-якому етапі можуть спричинити збільшення механічних і біохімічних втрат.

Таблиця 1.3

Машини для скошування, збирання та заготівлі сіна

| Технологічна операція | Машини та обладнання |
|---|---|
| Скошування на зелений корм | КВК-800, КВК-8060, CLAAS JAGUAR 850, CLAAS JAGUAR 860, КПИ-2,4, КПКУ-75 |
| Скошування на сіно | КРН-5,6, КПС-8, CLAAS DISCO 3200, CLAAS DISCO 3500, КС-2,1, John Deere 630, КС-2,1М |
| Перевертання та ворушіння покосів | KUHN GA 8731, Krone Swadro 1400 Plus, Samasz Z2-780, ГВК-6,0А |
| Механізоване підбирання валкової маси та скиртування | SIPMA OS 7531 MAJA |
| Навантаження і перевезення сіна | СП-60 |
| Пресування в тюки | ППЛ-Ф-1,6, ПКТ-Ф-2,0, К-454 |
| Пресування в рулони | ПРП-1,6, ПР-Ф-750 |
| Навантаження рулонів | ППУ-0,5, ПТФ-500 |

Таблиця 1.3 характеризує технічні засоби, які можуть бути використані для механізації основних операцій заготівлі сіна. Комплексне застосування відповідних машин дає змогу підвищити продуктивність праці, скоротити строки виконання робіт і зменшити втрати кормової маси під час збирання.

## 1.3. Способи зберігання сіна та підвищення його якості

Якість сіна значною мірою визначається не лише умовами його скошування і сушіння, а й способом подальшого зберігання. Основною вимогою є недопущення повторного зволоження, самонагрівання, розвитку плісняви та втрати поживних речовин. Найкраще зберігати сіно у спеціальних сіносховищах або під навісами. За їх відсутності корм складають у скирти або стіжки на спеціально підготовлених майданчиках поблизу ферм. При цьому важливо, щоб сіно мало стандартну вологість близько 17 %, оскільки більш волога маса швидко псується.

Одним із найефективніших способів зменшення втрат є пресування сіна. У пресованому вигляді воно займає менший об'єм, краще транспортується і потребує менше складських площ. У сіносховищах пресованого сіна можна розмістити у 2-2,5 раза більше, ніж розсипного. Для зниження механічних втрат сіно доцільно пресувати при вологості 22-24 %. При цьому можуть формуватися як тюки, так і рулони, що значно полегшує навантаження, транспортування та складування.

Перспективним способом підвищення якості сіна є активне вентилювання. У цьому випадку прив'ялену масу вологістю 45-55 % підбирають з поля та досушують за допомогою спеціальних установок, що складаються з вентилятора і повітророзподільної системи. Активне вентилювання дозволяє зберегти листочки, зелений колір, аромат і

підвищений вміст протеїну. За потреби використовують також підігріте повітря, що значно пришвидшує сушіння.

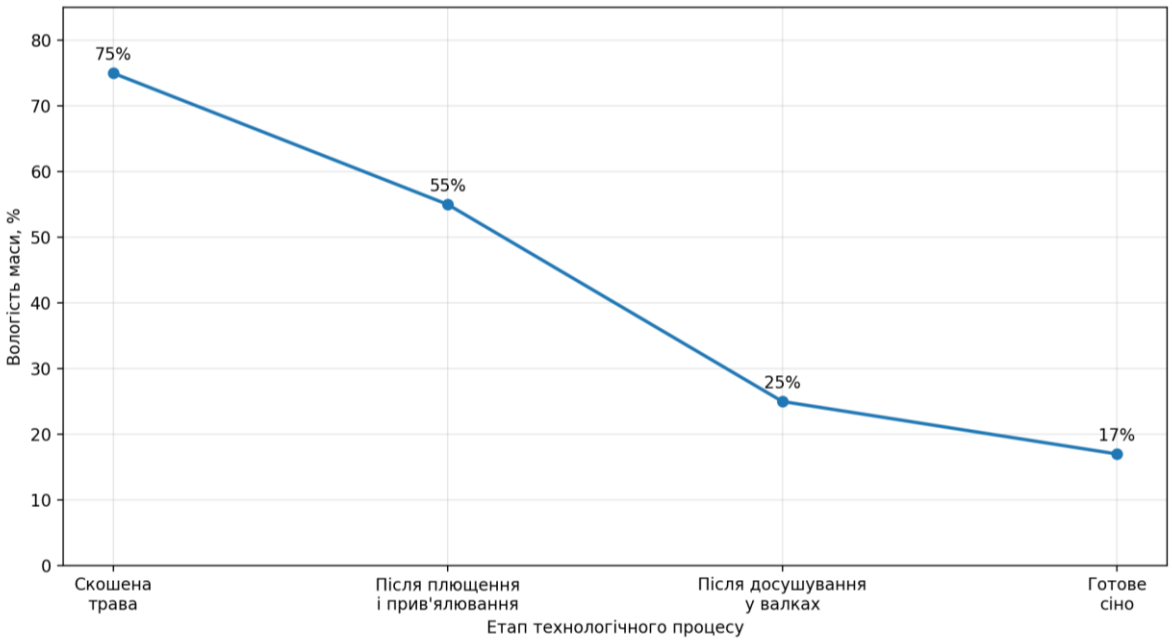



Рис. 1.2. Динаміка зниження вологості трав'яної маси під час заготівлі сіна

Дані рисунка 1.2 свідчать, що найбільш відповідальними етапами є прив'ялювання та досушування у валках. Саме в цей період відбувається основне зниження вологості кормової маси до значень, придатних для безпечного зберігання. Недотримання оптимальних режимів на цих стадіях може призвести до істотного зростання втрат поживних речовин.

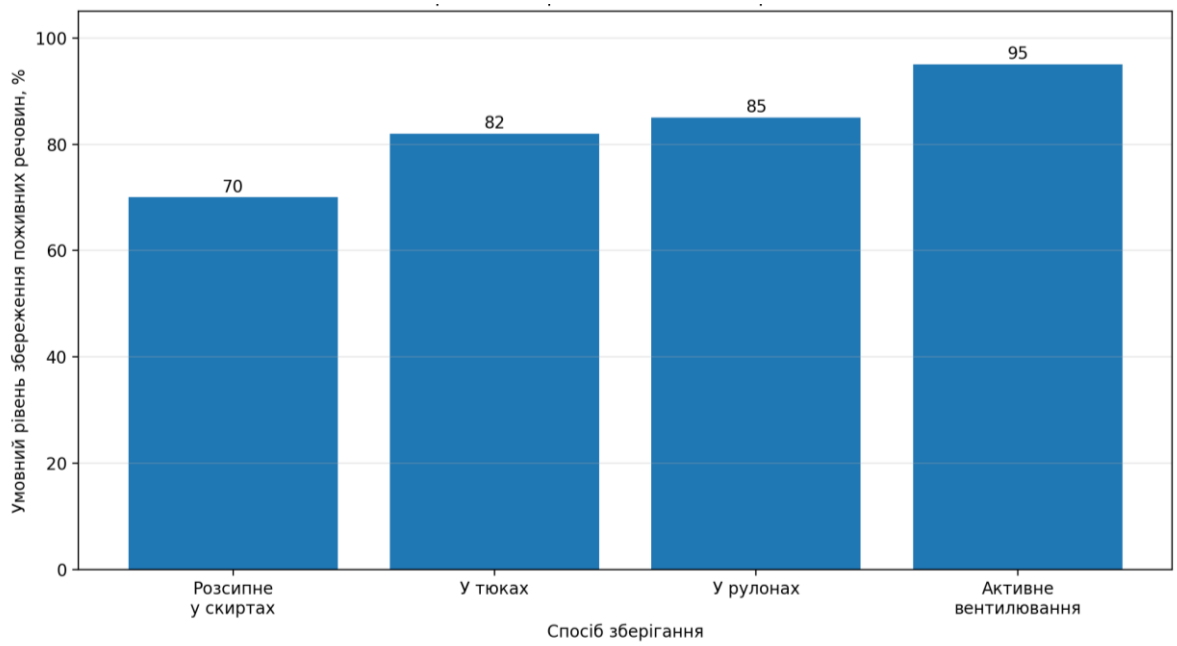



Рис. 1.3. Порівняння способів зберігання сіна за рівнем збереження поживних речовин

Для зберігання сіна підвищеної вологості застосовують хімічні консерванти, зокрема пропіонову кислоту або концентрат низькомолекулярних кислот. Їх вносять у кількості 1-1,5 % від маси корму. Така обробка дозволяє стримувати розвиток плісняви та подовжити період безпечного зберігання. Разом з тим необхідно враховувати агресивність цих речовин і дотримуватись вимог техніки безпеки.

Існує також спосіб підвищення поживності сіна шляхом обробки зрідженим аміаком. У результаті такої обробки зростає вміст сирого протеїну, а кормова маса частково знезаражується. Проте ця технологія потребує спеціального обладнання та високої культури виконання робіт. Якщо в господарстві відсутні умови для повного висушування сіна або організації активного вентилювання, підсушену масу з вологістю до 25 % можна подрібнювати і закладати у траншеї. За умови ретельного ущільнення і герметизації така маса зберігається з відносно невеликими втратами.

Таблиця 1.4

Порівняльна характеристика способів зберігання сіна

| Спосіб зберігання | Переваги | Недоліки |
|---|---|---|
| Розсипне сіно у скиртах | Простота організації, не потребує складного обладнання | Вищі втрати поживних речовин, більша залежність від погоди |
| Сіно в тюках | Менші втрати, зручність транспортування і складування | Потребує прес-підбирача і місця для зберігання |
| Сіно в рулонах | Висока продуктивність заготівлі, зручність механізації | Необхідність спеціального навантажувального обладнання |
| Активно вентильоване сіно | Найкраще збереження кольору, листків і поживності | Висока енергоємність, потреба у спеціальних установках |
| Сіно з консервантами | Можливість зберігання підвищеної вологості | Потреба у хімічних препаратах і засобах захисту |

Аналіз табл. 1.4 показує, що найбільш якісне сіно можна отримати при поєднанні сучасних способів сушіння та зберігання, зокрема пресування і активного вентилювання. Водночас вибір конкретного способу повинен визначатися виробничими умовами господарства, наявністю технічних засобів і погодними факторами.

## Висновки до розділу

Встановлено, що найбільші втрати поживних речовин виникають під час сушіння, підбирання і зберігання сіна. Для їх зменшення необхідно своєчасно проводити плющення бобових трав, прив'ялювання, згрібання у валки, контролювати вологість маси та застосовувати раціональні способи механізованого збирання.

Доведено, що застосування пресування, активного вентилювання та, за необхідності, хімічних консервантів дозволяє істотно підвищити якість сіна, зменшити втрати сухої речовини і забезпечити тривале зберігання корму без суттєвого погіршення його поживної цінності. Це створює необхідні передумови для підвищення ефективності кормовиробництва у господарстві.

# 2. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

## 2.1. Косарки для заготівлі сіна і сінажу

Машини, що застосовуються для заготівлі кормів, доцільно об’єднувати у дві великі групи: техніку для заготівлі трав на сіно і сінаж, а також машини для приготування силосу й одержання свіжої подрібненої зеленої маси.

Кормозбиральні машини розрізняють за кількома основними ознаками. За способом з’єднання з енергетичним засобом вони бувають причіпними, начіпними, напівначіпними та самохідними. За конструкцією різального або подрібнювального робочого органу виділяють машини із сегментно-пальцьовими, дисковими, ротаційними та барабанними апаратами. За кількістю різальних апаратів вони можуть бути однобрусними, двобрусними, трьохбрусними або багатобрусними. Крім того, їх поділяють за способом укладання скошеної маси - на такі, що формують суцільний покіс, і такі, що працюють порційно.

Підбір технічних засобів визначається технологічною схемою заготівлі кормів, тому на практиці використовують не поодинокі машини, а узгоджені комплекси обладнання, які забезпечують послідовне виконання всіх операцій. Для заготівлі сіна зазвичай застосовують косарки, ворушилки, граблі, підбирачі, копнувачі, прес-підбирачі, волокуші, копицевози, скирдоукладальні машини, скиртоформувачі, підбирачі пакунків, стаціонарні пресові установки та спеціалізовані вентильовані сховища для досушування і зберігання сіна.

Під час заготівлі трав на сінаж склад машинного комплексу дещо змінюється відповідно до особливостей цієї технології. У такому випадку використовують косарки-плющилки, підбирачі-подрібнювачі-навантажувачі, транспортні засоби для перевезення маси, а також

пневматичні транспортери, які забезпечують подачу корму до місць закладання або зберігання.

Для подрібнення зеленої рослинної маси, яку використовують для безпосередньої годівлі тварин у свіжому стані, а також для заготівлі силосу на зимовий період, у господарствах застосовують відповідний комплекс машин. До нього належать косарки-подрібнювачі, підбирачі з функцією подрібнення, косарки-плющилки, силосо- та кормозбиральні комбайни, а також спеціалізовані високопродуктивні кормозбиральні агрегати, що забезпечують виконання всього технологічного процесу.

Косарки призначені для скошування природних і сіяних трав, які використовують для подальшої заготівлі кормів. Основною операцією, яку вони виконують, є зрізування стебел рослин за допомогою спеціальних різальних апаратів. Привід цих апаратів може здійснюватися від вала відбору потужності трактора, від індивідуального гідравлічного чи електричного приводу, а в окремих конструкціях - навіть від власних ходових коліс машини. Робота різальних механізмів базується на двох принципах зрізування рослинної маси: підпірному та безпідпірному.

Головним робочим органом косарки КС-2,1 є різальний аппарат (рис.2.1.). Його конструкція включає пальцьовий брус і ніж, що в процесі роботи здійснює зворотно-поступальне переміщення. Брус із пальцями з’єднується з внутрішнім і зовнішнім подільниками, що забезпечують розділення рослинної маси перед зрізуванням. Опорою для них слугують сталеві полозки, за допомогою яких установлюють необхідну висоту зрізу.

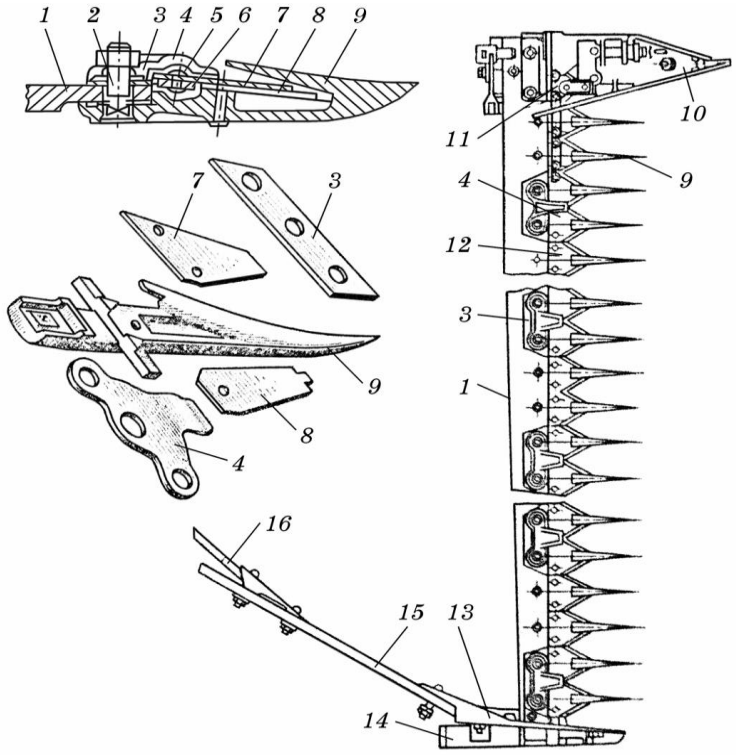



Рис. 2.1. Робочий орган косарки для зрізування трави

1 - брус із пальцями; 2 - кріпильний болт; 3 - фрикційна пластина; 4 - притискна скоба; 5 - заклепкове з’єднання; 6 - спинка ножа; 7 - різальний сегмент; 8 - протиріжуча пластина; 9 - палець різального апарата; 10 - внутрішній дільник; 11 - головка ножа; 12 - ножове полотно; 13 - зовнішній дільник; 14 - опорний башмак; 15 - польова дошка; 16 - стебловідвідні прутки.

До пальцьового бруса болтами закріплюються пальці з протирізальними пластинами. Ніж має головку, через яку він з’єднується з приводним шатуном, а по всій його довжині на спеціальній планці закріплені сегменти. Саме взаємодія сегментів ножа з протирізальними пластинами пальців забезпечує зрізування стебел трави.

Передньою частиною сегменти ножа спираються на протирізальні пластини, а з тильного боку самі сегменти та спинка ножа контактують із пластинами тертя. Щоб ніж під час роботи не піднімався вгору і сегменти щільно прилягали до протирізальних пластин, на пальцьовому брусі встановлюють спеціальні притискні лапки.

Під час руху ножа в пазах пальців його сегменти своїми лезами захоплюють стебла трави, які потрапляють у зону різання, притискають їх до лез протирізальних пластин і виконують зрізування. Подільник, розміщений спереду, підводить стебла до різального апарата, забезпечуючи їх правильне спрямування в зону роботи ножа. Після зрізування польова дошка відсуває скошену масу вбік, завдяки чому звільняється місце для наступного проходу машини.

Для досягнення належної якості роботи різального механізму необхідно забезпечити його правильне та точне регулювання. Зміну нахилу апарата вперед або назад здійснюють шляхом повороту рухомої рами відносно нерухомої частини конструкції. Центрування ножа виконують зміною довжини шатуна, добиваючись того, щоб у крайніх положеннях ходу середини сегментів співпадали з серединами пальців або не доходили до них орієнтовно на 5 мм. Важливим є також правильне встановлення зазору між носком сегмента ножа і протирізальною пластиною. Його регулюють за допомогою змінних прокладок, а величина цього зазору повинна перебувати в межах 0,1-0,3 мм.

Існує декілька типів різальних апаратів, які відрізняються співвідношенням між кроком розміщення протирізальних пластин, кроком сегментів ножа та величиною ходу ножа. Якщо зазначені параметри є рівними між собою, тобто величина ходу ножа відповідає кроку сегментів і кроку протирізальних пластин, то такий механізм відносять до різальних апаратів нормального різання з одинарним ходом ножа. Саме така схема найбільш поширена у конструкції косарок. Існують також апарати нормального різання з подвійним пробігом ножа, а також апарати низького зрізу, які застосовують залежно від призначення машини та умов роботи.

З позиції якості зрізування рослин, експлуатаційної надійності та величини зусилля, що витрачається на процес різання, найбільш доцільним для косарок є різальний апарат нормального різання з одинарним ходом ножа.

До різальних апаратів безпідпірного типу зрізування (рис. 2.2) належать ротаційно-дискові, сегментно-дискові та ротаційно-барабанні конструкції. Їх особливість полягає в тому, що під час зрізування стебла рослин не притискаються до нерухомої опори, як це має місце у підпірних різальних апаратах.

У таких апаратах робочими елементами є ножі 2, які шарнірно закріплені на диску 1 або на валу барабана 5, а також сегменти 3, жорстко встановлені на диску 1 (рис. 2.2, б). У процесі обертання диска або барабана різальні елементи переміщуються з високою окружною швидкістю, завдяки чому здійснюється зрізування стебел рослин.

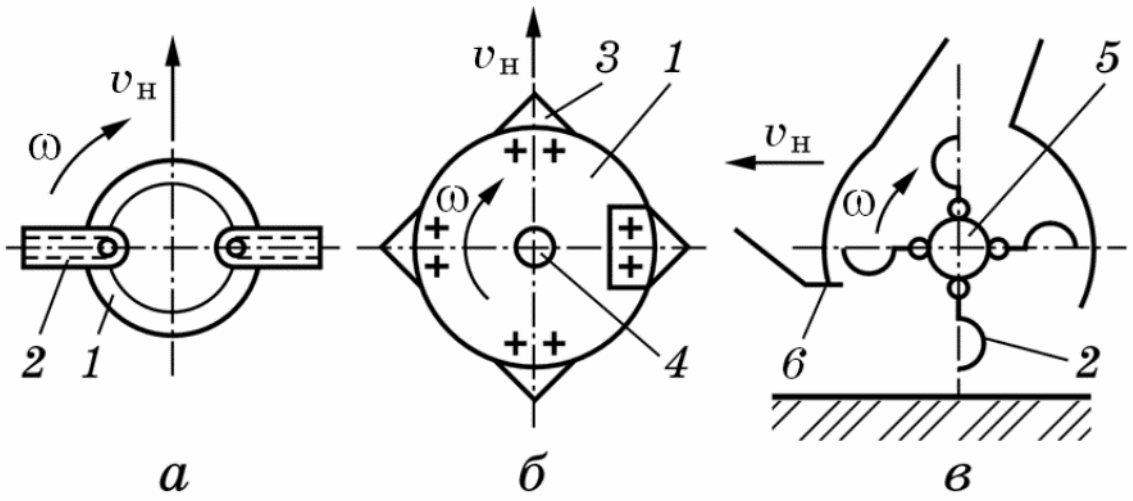



Рис. 2.2. Різальні апарати без підпірного зрізування:

а - ротаційно-дисковий різальний апарат; б - сегментно-дисковий різальний апарат; в - ротаційно-барабанний різальний апарат; 1 - робочий диск; 2 - різальний ніж; 3 - сегмент; 4 - вал диска; 5 - вал барабана; 6 - протирізальний ніж.

На відміну від підпірного способу, у цьому випадку стебло під час зрізування не спирається на будь-який елемент машини. Його відхилення обмежується переважно власною жорсткістю, інерційністю, а також частково підтримкою сусідніх стебел у травостої. Саме тому для надійного

зрізування велике значення має висока швидкість руху ножів і правильна конструкція різального апарата.

Таким чином, безпідпірні різальні апарати, зображені на рис. 3.3, забезпечують зрізування рослинної маси без використання нерухомої протирізальної опори, а їх основними робочими елементами є диск 1, ножі 2, сегменти 3 та барабан 5.

Різальні апарати безпідпірного типу відрізняються тим, що їхні робочі органи не здійснюють зворотно-поступального руху. У таких конструкціях ножі працюють за рахунок безперервного обертання разом із диском або барабаном. Під час роботи лінійна швидкість ножів може досягати 50-60 м/с, що забезпечує інтенсивне та якісне зрізування рослинної маси. Завдяки цьому машини, обладнані такими апаратами, можуть працювати на значно більших швидкостях, ніж косарки з традиційними сегментно-пальцьовими механізмами. Це особливо важливо при збиранні великих площ трав або при стиснених агротехнічних строках виконання робіт.

Безпідпірні різальні апарати характеризуються відносною конструктивною простотою та високою надійністю в експлуатації. У них менше складних кінематичних з’єднань, відсутній шатунний механізм приводу ножа, а тому зменшується кількість вузлів, що інтенсивно зношуються. Саме це робить такі апарати зручними для використання в сучасних високопродуктивних косарках і жатках. Разом із тим у процесі роботи вони не лише зрізують рослини, а й частково додатково подрібнюють стебла. Це може призводити до підвищених втрат зеленої маси, особливо при заготівлі кормів, де важливо максимально зберегти поживні частини рослин.

Крім того, косарки з безпідпірними різальними апаратами потребують більших витрат енергії на одиницю обробленої площі. Це пояснюється необхідністю підтримання високої кутової та лінійної швидкості обертання робочих органів. Такі машини, як правило, є більш металомісткими, а отже, мають більшу масу і висувають підвищені вимоги до потужності

енергетичного засобу. Незважаючи на це, завдяки високій продуктивності вони широко застосовуються в умовах інтенсивного кормовиробництва.

Сегментно-пальцьові різальні апарати працюють за іншим принципом. Зрізування рослин у них відбувається внаслідок зворотно-поступального руху ножа, швидкість якого зазвичай становить 1,5-3,0 м/с. На відміну від безпідпірних систем, такі апарати не подрібнюють стебла, а забезпечують більш чистий і акуратний зріз. Це має важливе значення для зменшення втрат кормової маси та збереження її якості. Крім того, сегментно-пальцьові апарати споживають менше енергії, що робить їх більш економічними у використанні.

Однак наявність зворотно-поступального руху ножа зумовлює виникнення значних інерційних сил. Ці навантаження негативно впливають на плавність роботи машини, спричиняють вібрації та обмежують можливість підвищення робочої швидкості. Саме тому косарки із сегментно-пальцьовими апаратами менш придатні для роботи на високих швидкостях порівняно з машинами, обладнаними ротаційними різальними механізмами.

Отже, обидва типи різальних апаратів мають свої переваги і недоліки. Безпідпірні апарати забезпечують високу продуктивність і надійність роботи, але потребують більших енерговитрат і можуть збільшувати втрати зеленої маси. Сегментно-пальцьові апарати є більш енергоощадними та забезпечують чистіший зріз, проте їх застосування обмежується нижчою робочою швидкістю через значні інерційні навантаження. Саме тому вибір типу різального апарата повинен здійснюватися з урахуванням умов роботи, виду корму та вимог до якості його заготівлі.

Під час аналізу конструкцій косарок і різальних апаратів, що застосовуються для скошування багаторічних та сіяних трав, можна зробити висновок, що безпідпірні різальні апарати мають певні конструктивні обмеження. Однією з їх характерних особливостей є специфіка приводу, через яку під час роботи такий різальний апарат повинен розташовуватись

переважно в горизонтальній площині. Саме це значно ускладнює або взагалі унеможливлює ефективне використання таких машин на ділянках зі складним рельєфом.

Насамперед це стосується скошування травостою на узбіччях доріг, укосах осушувальних і зрошувальних каналів, насипах, нерівних ділянках поля, а також на схилах, де робочий орган повинен добре копіювати поверхню та зберігати стабільну якість зрізу. У подібних умовах звичайні безпідпірні апарати не завжди можуть забезпечити надійну роботу, оскільки їх конструкція менш пристосована до значних відхилень від горизонтального положення.

Саме тому для роботи в таких умовах доцільніше застосовувати косарки ротаційного типу, зокрема косарку КРН-2,1, схема якої наведена на (рис. 2.3.) Ця машина краще пристосована до скошування різнотрав'я на складних за рельєфом ділянках, оскільки її конструкція дає змогу більш надійно працювати на нерівностях поверхні та забезпечувати стабільний технологічний процес.




Рис. 3.3. Ротаційна косарка

1 - головна рама; 2 - тяговий запобіжник; 3 - допоміжна рама, шарнірно закріплена до головної; 4 - брус різального апарата; 6 - польовий дільник.

Використання косарки такого типу дозволяє підвищити якість скошування, зменшити непрокоси та забезпечити безпечніше виконання робіт на схилах і укосах.

Отже, вибір типу косарки повинен здійснюватися з урахуванням не лише виду рослинності, а й умов рельєфу місцевості. Для рівнинних ділянок можуть ефективно застосовуватись різні типи машин, тоді як для скошування трав на схилах, узбіччях і нерівних поверхнях більш придатними є ротаційні косарки типу КРН-2,1.

Дискові косарки-плющилки фірми BELLON (рис.2.4.) призначені для виконання двох технологічних операцій одночасно - скошування трав'яної маси та її плющення. Скошування здійснюється за допомогою дискових різальних апаратів, після чого зрізана рослинна маса подається до плющильного пристрою, який оснащений гумовими вальцями.



Рис. 2.4. Косарки-плющилки фірми BELLON

Під час проходження стебел між гумовими вальцями відбувається їх часткове руйнування і розкриття. У результаті цього порушується зовнішній захисний шар рослини, що значно полегшує випаровування вологи. Завдяки такому механічному впливу надлишкова волога швидше виходить із тканин рослин, що сприяє суттєвому прискоренню процесу сушіння зеленої маси.

Застосування косарок-плющилок дозволяє значно скоротити тривалість заготівлі сіна, зменшити залежність від погодних умов та знизити втрати поживних речовин, особливо каротину і протеїну. Крім того, завдяки швидшому підсушуванню зменшується кількість операцій ворушіння та перевертання покосів, що позитивно впливає на збереження листкової маси.

Технологічний процес роботи машини наведений на рисунку 3.5. Після того як скошена рослинна маса підсихає до необхідного рівня вологості, її можна збирати із застосуванням різних технологічних схем - залежно від прийнятої системи заготівлі кормів (на сіно, сінаж тощо) та наявного комплексу машин.

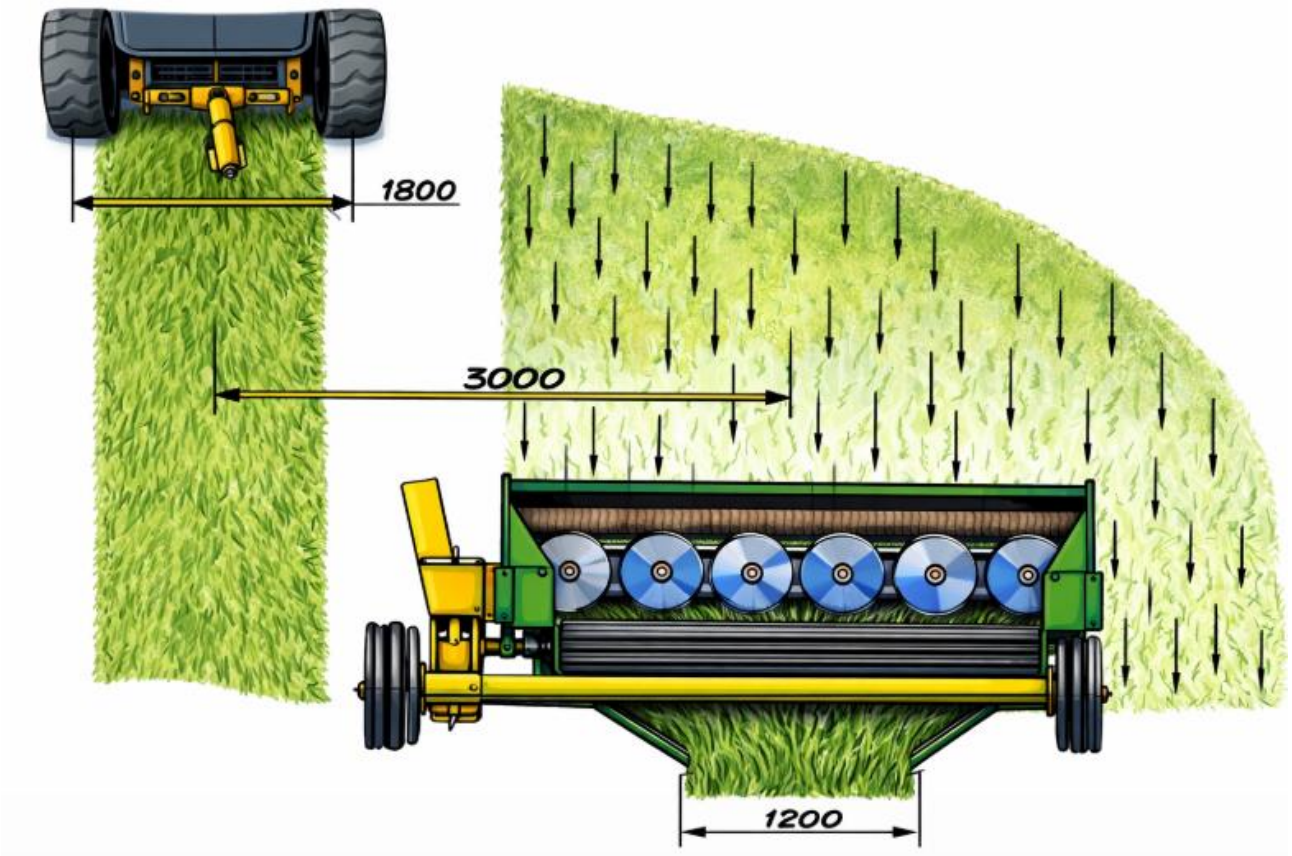



Рис. 2.5. Технологічний процес роботи косарки-плющилки

Важливо враховувати погодні умови під час виконання технологічних операцій. Зокрема, у вологу або дощову погоду проводити плющення трави

недоцільно. Це пояснюється тим, що після руйнування стебел волога інтенсивніше проникає всередину рослинної маси, а процеси мікробіологічного розкладання активізуються. У результаті плющені стебла швидше загнивають порівняно з непошкодженими, що призводить до втрат поживних речовин і погіршення якості корму.

Отже, використання дискових косарок-плющилок BELLON є ефективним технічним рішенням для підвищення продуктивності кормозаготівлі та покращення якості отриманого сіна, особливо в умовах обмежених строків виконання польових робіт.

Потрійна косарка-плющилка FC 1030 (рис. 2.6.) випускаються у трьох виконаннях за шириною захвату - від 8,33 до 9,93 м, що дає змогу досягати високої продуктивності роботи та забезпечувати якісне збирання кормової маси. Такі машини орієнтовані насамперед на підрядні організації, аграрні кооперативи та великі сільськогосподарські підприємства. Залежно від потреб користувача вони можуть комплектуватися плющильним апаратом пальцьового або вальцьового типу.



Рис.2.6. Потрійна косарка-плющилка FC 1030

Новий різальний апарат OPTIDISC ELITE був створений з урахуванням практичного досвіду аграріїв і побажань безпосередніх користувачів техніки. У його конструкції реалізовано сучасні технічні рішення, завдяки яким досягається висока якість зрізування рослинної маси. Основними особливостями цього апарата є змінний крок розташування дисків, значне перекриття робочих зон ножів і зменшений кут різання. Саме ці конструктивні переваги забезпечують стабільний та рівний зріз у різних умовах експлуатації. Косаркові комбінації FC 1030, оснащені апаратом OPTIDISC ELITE (рис.2.7.) мають удосконалену конструкцію, що дозволяє отримувати чисте скошування навіть у складних польових умовах.

У зоні, де диски віддаляються один від одного, проміжок між ними спеціально зменшений. Це дає можливість краще перекривати робочі траєкторії ножів і, як наслідок, забезпечує більш рівномірне зрізування навіть тонких, низькорослих або слабо розвинених рослин. У місцях, де диски, навпаки, зближуються, відстань між ними збільшена. Завдяки цьому поліпшується проходження скошеної маси назад, зменшується ризик забивання, а сама косарка може працювати стабільно й безперервно.

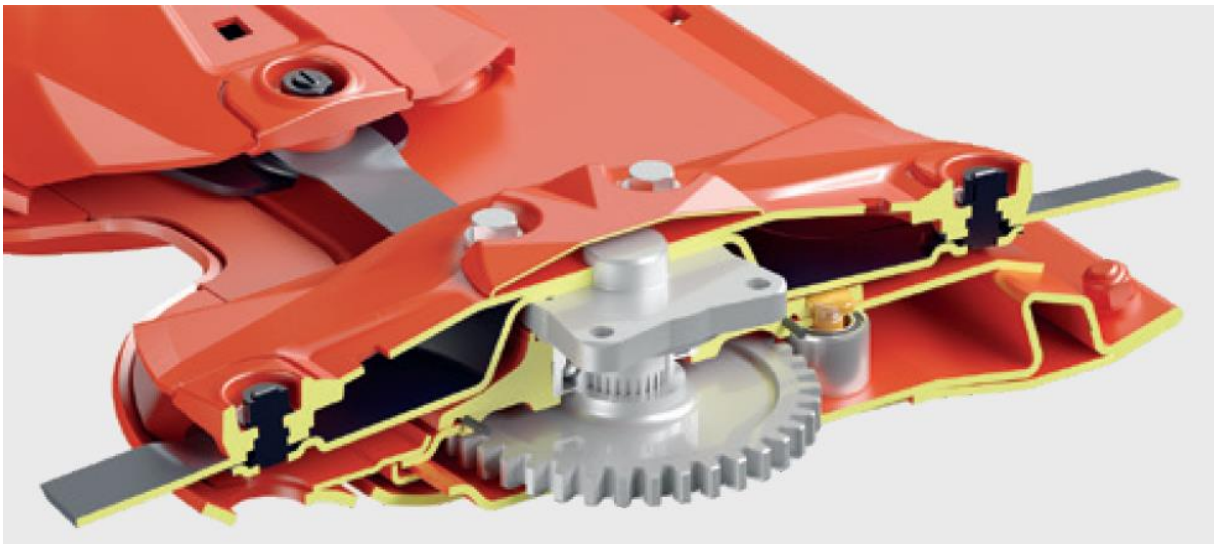


Рис.2.7. Різальний аппарат косарки FC 1030, OPTIDISC ELITE

Ще однією важливою перевагою цієї конструкції є збільшена площа перекриття робочих зон ножів. Вона майже удвічі більша порівняно з традиційними рішеннями, що позитивно впливає на якість скошування. Особливо це помітно під час роботи на перезволожених або липких ґрунтах, на луках із нерівною поверхнею, а також при скошуванні важких, густих чи полеглих рослин наприкінці вегетації.

Зменшений кут різання також має суттєве значення. При роботі під малим кутом зріз виходить більш рівномірним, без хвилеподібного профілю. Це не лише покращує якість виконання технологічної операції, а й сприяє більш дружному відростанню травостою після скошування. Крім того, рівний зріз полегшує роботу наступних машин, які беруть участь у процесі заготівлі кормів.

Конструкція апарата передбачає також високу надійність його основних вузлів. Спеціальна форма підшипникових вузлів дисків і посилене кріплення ножів забезпечують їх стійкість під час роботи. У разі наїзду на перешкоду ніж не руйнується, а може вільно відхилятися, здійснюючи поворот до 360°, що зменшує ризик пошкодження апарата.

При роботі на горбистій місцевості, на вологих полях або під час скошування липкої рослинної маси часто виникає проблема накопичення ґрунту перед різальним апаратом. У конструкції OPTIDISC ELITE цю проблему вирішено завдяки застосуванню полозків спеціальної форми. Вони покращують ковзання апарата по поверхні поля, зменшують налипання ґрунту і водночас захищають дернину від пошкодження. Це особливо важливо для збереження чистоти корму та підвищення його якості, особливо при роботі у важких умовах.

Тому різальний апарат OPTIDISC ELITE поєднує у собі високу якість зрізування, надійність роботи та добру пристосованість до складних умов експлуатації, що робить його ефективним рішенням для сучасних високопродуктивних косарок.

Проте, як було зазначено раніше, показники якості роботи існуючих косарок із безпідпірними різальними апаратами не завжди відповідають сучасним вимогам. Це проявляється у підвищених втратах зеленої маси, нерівномірності зрізу та зниженні якості корму, особливо при роботі на складних ділянках.

## Висновки по розділу

Разом із тим традиційні косарки з підпірними різальними апаратами мають обмеження щодо роботи на нерівному рельєфі через складність забезпечення стабільного положення різального бруса. Тому актуальним є створення такої конструкції косарки, яка б поєднувала переваги підпірного зрізування з можливістю ефективної роботи на схилах, укосах та інших складних за рельєфом ділянках.

Отже, перспективним напрямом є розробка косарки з різальним апаратом підпірного типу, яка б забезпечувала якісне скошування трав не лише на рівнинних полях, а й на нерівностях, схилах і важкодоступних ділянках. Це дозволить підвищити якість кормозаготівлі, зменшити втрати рослинної маси та розширити технологічні можливості використання косарок у різних умовах експлуатації.

# 3. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КОСАРКИ

## 3.1. Принцип дії та робочий процес вдосконаленої косарки

Для забезпечення ефективної роботи сінокосарки КС-2,1М (рис.3.1.) при різному положенні різального бруса пропонується удосконалити її конструкцію шляхом виготовлення спеціальної рами та модернізувати ніж сегментного типу. Така рама повинна забезпечувати надійне встановлення різального бруса під різними кутами нахилу без порушення нормального перебігу технологічного процесу скошування.

Конструктивна особливість удосконаленого ножа являє собою збірну конструкцію, що складається з: ножової смуги (основи); трикутних сегментів із зубчастою ріжучою кромкою (насічкою); заклепкових з'єднань для кріплення сегментів; приєднувальної пластини ножа.

Це дозволяє: покращити захоплення стебел; зменшити ковзання рослин по ножу; забезпечити ефект «пиляльного» різання.

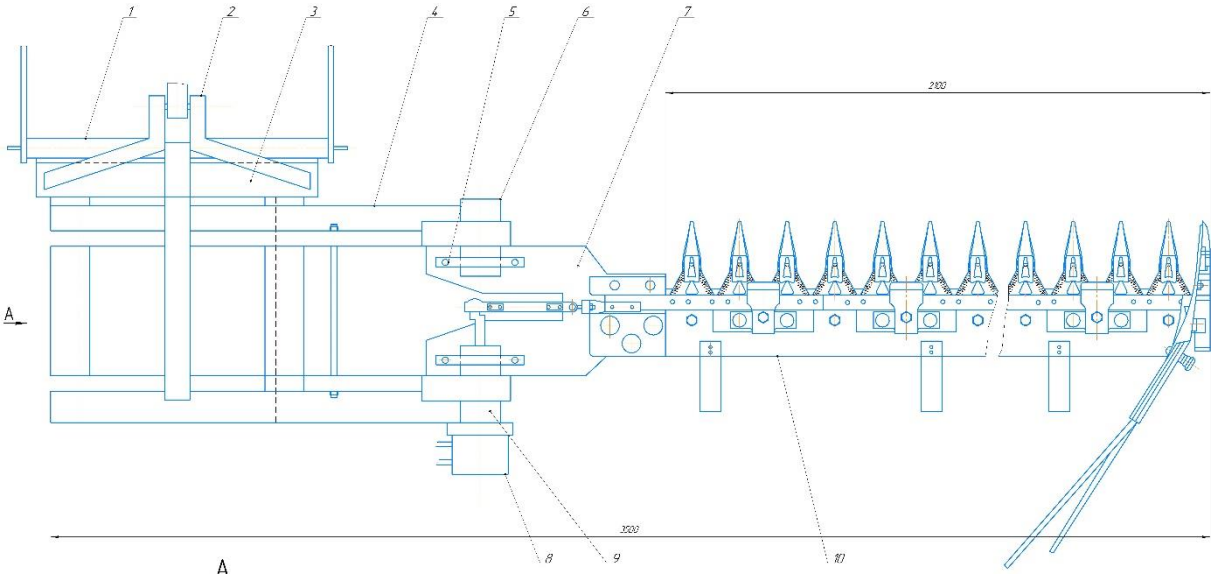



Рис. 3.1. Модернізована косарка КС-2,1М

Робочий процес модернізованої косарки КС-2,1 полягає у скошуванні травостою удосконаленим сегментно-пальцьовим різальним апаратом із можливістю роботи різального бруса під змінним кутом до поверхні ґрунту. Основною особливістю удосконаленої конструкції є наявність удосконаленого різального апарата та спеціальної рами та поворотного вузла, які дають змогу встановлювати різальний брус у потрібному положенні залежно від рельєфу ділянки. Завдяки цьому машина може ефективно працювати не лише на рівних площах, а й на схилах, укосах, узбіччях доріг та інших нерівних поверхнях.

Під час роботи косарка агрегатується з трактором і приводиться в дію від його вала відбору потужності. Обертальний рух через привідний механізм передається на кривошипно-шатунний або інший перетворювальний механізм, який забезпечує зворотно-поступальний рух ножа різального апарата. Ніж із закріпленими сегментами переміщується відносно пальців бруса, у результаті чого стебла трави, що потрапляють між сегментами і протирізальними пластинами, зрізуються за підпірним принципом.

Перед початком скошування різальний брус установлюють під необхідним кутом. Якщо робота виконується на горизонтальній поверхні, брус займає звичайне робоче положення. При скошуванні на схилах або укосах його повертають на заданий кут, що дозволяє краще копіювати поверхню поля і підтримувати більш стабільну висоту зрізу по всій ширині захвату. Це особливо важливо при роботі на нерівних ділянках, де звичайна косарка не забезпечує достатньої якості скошування.

У процесі руху агрегату вперед подільники розділяють травостій і спрямовують рослинну масу до різального апарата. Сегменти ножа, здійснюючи зворотно-поступальний рух, притискають стебла до протирізальних пластин пальців і зрізують їх. Скошена маса після цього укладається на поверхню поля у вигляді покосу або валка, залежно від умов роботи і конструктивних особливостей машини. Польова дошка або

направляючі елементи відводять зрізану траву вбік, звільняючи місце для наступного проходу косарки.

Модернізована рама виконує не лише функцію зміни положення різального бруса, а й забезпечує надійне кріплення всіх основних вузлів косарки, сприймає робочі навантаження та передає їх на навіску трактора. Поворотний вузол повинен утримувати брус у встановленому положенні, не допускаючи самовільного зміщення під дією ваги різального апарата або динамічних навантажень у процесі роботи. Завдяки цьому забезпечується стабільність технологічного процесу навіть у складних умовах експлуатації.

Під час скошування на схилах особливе значення має правильне регулювання кута нахилу бруса, висоти зрізу і швидкості руху агрегату. Це дозволяє уникнути непрокосів, зменшити втрати рослинної маси та запобігти забиванню різального апарата. При роботі на нерівному рельєфі модернізована косарка краще пристосовується до профілю поверхні, що підвищує якість скошування порівняно з базовою конструкцією.

Таким чином, робочий процес модернізованої косарки КС-2,1М полягає у зрізуванні травостою сегментно-пальцьовим апаратом із одночасною адаптацією положення різального бруса до умов рельєфу. Запропоноване удосконалення забезпечує розширення функціональних можливостей машини, підвищує якість скошування на складних ділянках і робить косарку більш універсальною у використанні.

Також запропоноване конструктивне рішення дозволяє змінювати положення бруса в межах від 0 до 45°, що значно розширює технологічні можливості машини. Завдяки цьому косарку можна буде ефективно використовувати не лише на рівнинних ділянках, а й на схилах, укосах, узбіччях доріг та інших місцях зі складним рельєфом.

## 3.2. Обґрунтування оптимальної швидкості різального процесу

У процесі скошування сегмент ножа одночасно здійснює два види руху: відносному русі ножа відносно бруса косарки, який відбувається зі змінною швидкісю $\upsilon_{відн} = r \cdot \omega \cdot \sin\omega t$, і переносному русі самого бруса разом із косаркою, що здійснюється з постійною швидкістю. Унаслідок поєднання цих рухів абсолютна швидкість точок леза сегмента не залишається сталою і в різні моменти може бути спрямована як у бік вершини сегмента, так і в бік його основи.

Така зміна величини та напряму абсолютної швидкості істотно впливає на умови защемлення стебла між елементами ножової пари, а отже, і на сам процес різання. Якщо швидкість переміщення ножа буде недостатньою, можливе неякісне зрізування рослин, виштовхування стебел із зони різання або погіршення роботи різального апарата в цілому.

Тому для забезпечення нормального процесу косіння, за якого стебла надійно утримуються в зоні різання і не виштовхуються з ножової пари, необхідно правильно обґрунтувати та вибрати відповідну швидкість переміщення ножа. Саме визначення цієї швидкості є важливою умовою ефективної роботи різального апарата косарки.

Розглянемо розрахункову схему, подану на рис. 3.2. Для подальшого аналізу введемо кут, що визначає випередження або відставання напряму абсолютної швидкості відносно нормалі до різальної крайки сегмента. Цей кут визначає умови взаємодії стебла з різальною парою під час зрізування.

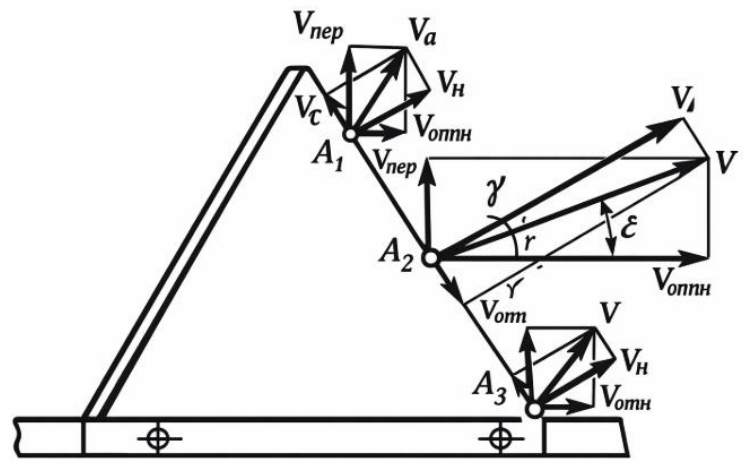



Рис. 3.2. Схема швидкостей різання стебла різними точками ножового сегмента

Позначимо через β кут випередження або відставання напряму абсолютної швидкості відносно нормалі до різальної крайки сегмента. Якщо $\beta > 0$, стебло може зміщуватися у бік основи сегмента, а при $\beta < 0$ можливе його висковзування із розхилу різальної пари. У випадку, коли $\beta > \varphi$, виникатиме ковзання стебла вздовж різальної крайки, а якщо $\beta < \varphi$, такого ковзання не спостерігатиметься. Отже, аналіз цього кута дає можливість оцінити характер руху стебла в різальній парі та встановити умови, за яких забезпечується надійне утримання стебла без його висковзування або небажаного ковзання.

Стабільна робота різального апарата забезпечується за виконання такої умови:

$$\operatorname{tg}\frac{\upsilon_{пер}}{\omega \cdot r \cdot \sin\omega t} \geq \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \qquad (3.1)$$

де ω - частота обертання кривошипа, $с^{-1}$;

r - кривошипний радіус, м;

φ - кут фрикційної взаємодії маси з лезом сегмента, $\varphi = 32 \ldots 40^0$;

α - кут розміщення леза сегмента відносно основи, $\alpha = 30^0$.

Після математичного перетворення залежності (3.1) маємо:

$$\omega = \frac{\upsilon_{пер} \cdot (1 + tg\alpha \cdot tg\varphi)}{r \cdot (tg\alpha + tg\varphi)}. \qquad (3.2)$$

$$\omega = \frac{2,58 \cdot (1 + 0,578 \cdot 0,839)}{0,038 \cdot (0,578 + 0,839)} = 71,2c^{-1}.$$

Таким чином, нормальна робота косарки можлива лише за умови забезпечення відповідної кутової швидкості обертання кривошипа ω>71,2 $с^{-1}$. Приймаємо значення кутової швидкості ω= 75$с^{-1}$, що еквівалентно частоті обертання 720об/хв.

## 3.3. Аналіз силової взаємодії в різальному апараті

Для виконання подальших конструктивних та інженерних розрахунків, що стосуються обґрунтування матеріалу, встановлення основних геометричних розмірів деталей ножа і складових приводу, необхідно попередньо дослідити силові навантаження, які виникають у процесі роботи різального апарата. Основним завданням такого аналізу є встановлення навантажень, що виникають під час роботи машини та діють насамперед на ніж і шатун.

Слід враховувати, що процес зрізування рослинної маси є досить складним, а характер опору різанню поки що не має повного теоретичного обґрунтування. Це пояснюється тим, що величина опору залежить від багатьох чинників: густоти травостою, кількості стебел, які одночасно потрапляють у зону різання, ступеня розвитку рослин, їх ботанічного виду, морфологічних особливостей, а також від погодних умов і стану рослинної маси.

Саме тому при виконанні силових розрахунків різальних апаратів зазвичай спираються не лише на теоретичні залежності, а й на результати експериментальних досліджень. Найчастіше використовують дані динамометрування косарок у польових умовах. Такі дослідження дають змогу визначити роботу А0А, яка витрачається на зрізування рослин з 1 м²

площі поля, і на основі цього оцінити реальні навантаження на робочі органи машини.

Отже, силовий аналіз різального апарата є необхідним етапом проєктування та розрахунку косарки, оскільки саме він дозволяє обґрунтовано визначити діючі сили, перевірити міцність деталей і забезпечити надійну роботу механізму в реальних польових умовах.

Сумарна робота різального апарата нормального різання з одинарним пробігом ножа становитиме:

$$A = B \cdot h \cdot A_0, \quad (3.3)$$

де B - робоча ширина різального апарата, м;

h - одача матеріалу за один цикл ходу ножа, $h = \upsilon_{пер} \cdot \pi/\omega = 2{,}58 \cdot 3{,}14/75 = 0{,}11$м;

$A_0$ - питома робота зрізування рослин на 1 м² поля (для трави $A_0 = 200…300$ Дж/м$^2$, зернових $A_0 = 100…200$ Дж/м$^2$).

$A = 2{,}1 \cdot 0{,}11 \cdot 300 = 69{,}3$ Дж.

Для обчислення середнього зусилля опору користуються виразом:

$$P_{зр} = A/X_р = B \cdot h \cdot A/X_р, \quad (3.4)$$

де $X_р$ - робочий хід ножа під час різання,

$X_р = X_к - X_п$ ;

Окрім зусилля опору зрізуванню, на спинку ножа під час роботи впливають також сили інерції $P_{ін}$ зумовлені масою ножа, і сила тертя $F_1$, що виникає внаслідок його ваги. Тому сумарне навантаження, яке сприймає спинка ножа, визначатиметься як сукупність зазначених сил.:

$$P_н = P_{зр} + P_{ін} + F_1. \quad (3.5)$$

Величина сили інерції $P_{ін}$ встановлюється з урахуванням маси ножа $m_н$ ножа і його прискорення $j_н$, тобто визначається їх добутком $P_{ін} = m_н \cdot j_н$.

Із використанням рівняння руху ножа [16] інерційну силу ножа можна обчислити таким чином:

$$P_{ін} = m_н \cdot \omega^2 \cdot [(S/2)-X]. \quad (3.6)$$

Аналіз наведеної залежності свідчить, що інерційна сила $P_{ін}$ змінюється за лінійним законом. На початку ходу ножа, при X = 0, $P_{ін\ мах} = m_н \cdot \omega^2 \cdot S/2$, вона має найбільше додатне значення X = S/2 і величина зменшується до нуля. Після цього сила змінює напрям дії і в кінці ходу ножа, при X = S досягає максимального від'ємного значення $P_{ін\ мах} = - m_н \cdot \omega^2 \cdot S/2$ (рис. 3.3).

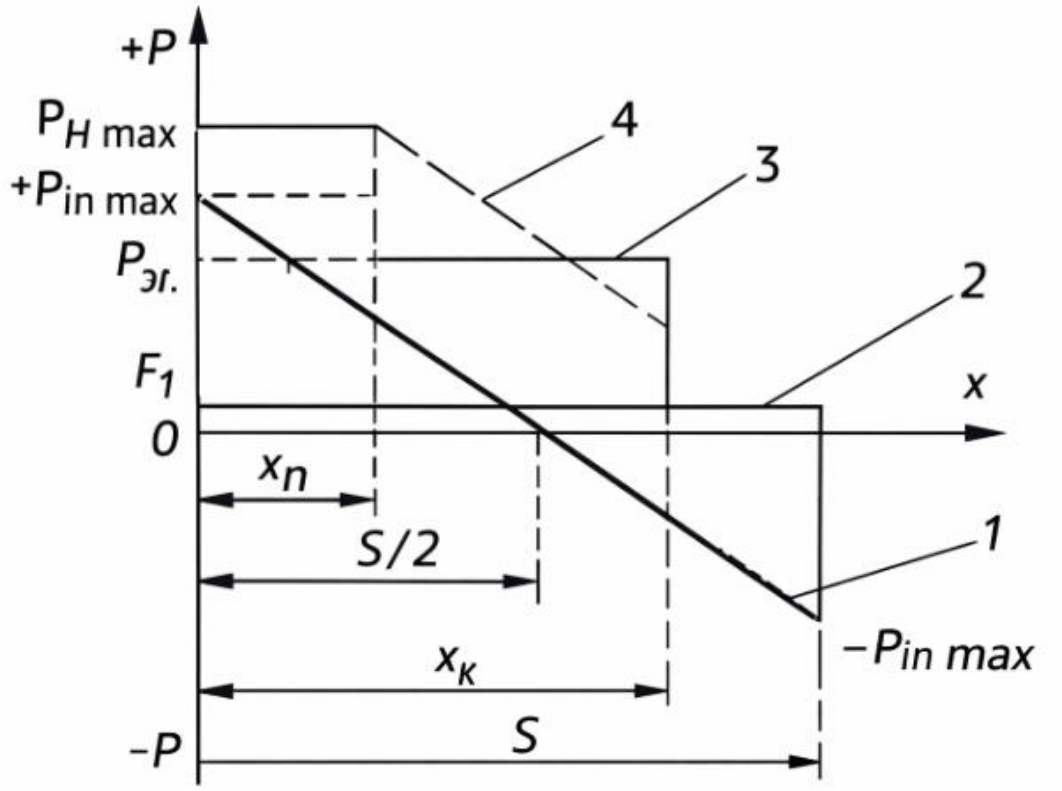



Рис. 3.3. Графічне відображення зміни сил, прикладених до ножа, залежно від його ходу:

1 - інерційна сила; 2 - сила тертя, зумовлена вагою ножа; 3 - сила опору зрізуванню; 4 - результуюче зусилля.

Величина сили тертя від дії ваги ножа становить:

$$F_1 = f \cdot Q, \qquad (3.7)$$

де f - коефіцієнт тертя, який з огляду на умови роботи ножа приймають на рівні f = 0,25-0,3;

Q - погонна вага ножа; для косарок і жаток її приймають рівною $Q_0$ = 20…22Н, тоді $Q = B \cdot Q_0$.

Після внесення всіх числових значень до рівняння (3.5) дістанемо:

$$P_н = B \cdot h \cdot A_0/X_p + (m_н + m_ш) \cdot \omega^2 \cdot [(S/2) - x] + f \cdot B \cdot Q_0, \qquad (3.8)$$

де $m_ш$ - приведена до пальця головки ножа маса шатуна.

Аналіз побудованого графіка сил (рис. 3.3) свідчить про характер зміни навантажень, які діють на ніж під час роботи різального апарата. Графік результуючої сили 4 формують додаванням ординат усіх сил, що діють у відповідних положеннях ножа. При цьому встановлено, що максимальна результуюча сила $P_{н\ max}$ виникає на початку різання і за величиною може перевищувати максимальну силу інерції $P_{ін\ max}$.

Під час виконання розрахунків на міцність спинки ножа за розрахункове приймають більше із отриманих значень сил. Визначаючи навантаження, яке передається на шатун, слід також ураховувати, що в процесі роботи він натискає на п’ятку ножа, внаслідок чого виникає додаткова сила тертя $F_2$ (рис. 3.4), тобто $F_2 = f \cdot N$.

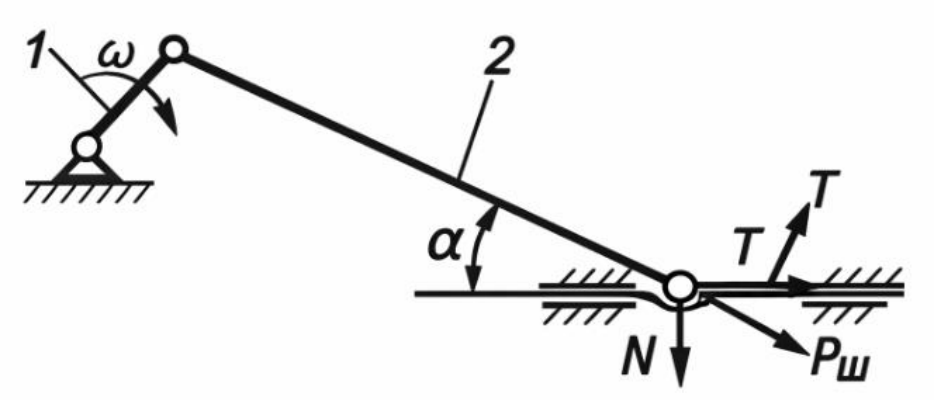



Рис 3.4. Кінематично-розрахункова схема приводу ножа

1 - кривошипний механізм; 2 - шатун привода; 3 - ножовий елемент

Отже, сила, яку має долати шатун, дорівнює сумарній дії цих сил:

$$T = P_н + F_2. \quad (3.9)$$

Водночас, як випливає з рис.. 3.7, $T = P_ш \cdot \cos\alpha$, а тому $P_ш \cdot \cos\alpha = P_н + f \cdot P_ш \cdot \sin\alpha$, або $P_ш \cdot \cos\alpha - P_ш \cdot f \cdot \sin\alpha = P_н$.

Таким чином, остаточну силу, що діє на шатун, можна обчислити за формулою:

$$P_ш = \frac{B \cdot \left(h \cdot A_0 / X_р + f \cdot Q_0\right) + \left(m_н + m_ш\right) \cdot \omega^2 \cdot \left[\left(S/2\right) - X_р\right]}{\left(\cos\alpha - f \cdot \sin\alpha\right)}. \quad (3.10)$$

$$P_ш = \frac{2{,}1 \cdot \left(0{,}11 \cdot 300/0{,}031 + 0{,}84 \cdot 20\right) + \left(4{,}2 + 2{,}6\right) \cdot 75^2 \cdot \left[\left(0{,}076/2\right) - 0{,}031\right]}{\left(0{,}97 - 0{,}6 \cdot 0{,}26\right)}$$

$= 1335$Н.

Визначивши цю силу, можна обчислити крутний момент, що діє на кривошипний вал, а також розрахувати необхідний момент інерції маховика. Крім того, на її основі визначаються параметри елементів передавального механізму та розраховується потужність, потрібна для приводу ножа.

## 3.4. Встановлення необхідної потужності приводу ножа

Величину крутного моменту на валу кривошипа знаходять за формулою

$$M_к = P_ш \cdot r. \quad (3.11)$$

$$M_к = 1335 \cdot 0{,}036 = 48{,}1 \text{ Н·м}.$$

Необхідну потужність привода різального апарата косарки обчислюють за формулою

$$N_{пр} = M_к \cdot \omega. \qquad (3.12)$$

$$N_{пр} = 48,1 \cdot 75 = 3607,5 \text{ Вт.}$$

Отже, вибираємо гідродвигун ГМШ-24, технічні показники якого:

- робочий об'єм - 24 см$^3$;
- номінальний перепад тиску - 20 МПа;
- частота обертання: максимальна - 1500 хв$^{-1}$; номінальна - 1000 хв$^{-1}$, мінімальна - 600 хв$^{-1}$;
- номінальний крутний момент - 75 Н·м;
- номінальна потужність - 4,5 кВт;
- моторесурс - 3000 мото-год;
- маса - 5,6 кг.

## 3.5. Розрахунок шпонкового з'єднання

Шпонки добирають у відповідності до ГОСТ 23360-88 по таблицях в залежності від валового діаметра.

Оскільки діаметр привідного вала становить 30 мм, для нього приймаємо шпонку з відповідними стандартними розмірами: в×h×l=8×7×25, тут:

- в - ширина шпонки, мм;
- h - висота шпонки, мм;
- l - довжина шпонки, мм.

Перевіряємо шпонку на зминання.

$$\sigma_{çì} = \frac{F_t}{S_{çì}} = \frac{2 \cdot Ì_{ê}}{d \cdot l_p \cdot (h - t)}, \qquad (3.13)$$

де $M_к$ - крутний момент, що передає шпонкове з'єднання, Н·м;

d - діаметр вала, мм, d = 30 мм;

$l_р$ - довжина робочої частини шпонки, мм;

$$l_р = l - в = 25 - 8 = 17 \text{ мм},$$

t - глибина шпонкового пазу на валу, t = 4 мм;

Тоді з формули (3.19)

$$\sigma_{çì} = \frac{2 \cdot 48{,}1}{30 \cdot 10^{-3} \cdot \left(7 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3}\right) \cdot 17 \cdot 10^{-3}} = 70 \cdot 10^6 \text{ Н·м};$$

$$\sigma_{çì} = 70 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 70 \text{ МПа} < [\tau];$$

$$[\sigma_{çì}] = 100...130 \text{ МПа}.$$

Шпонкове з'єднання задовольняє умову міцності.

## 3.6. Визначення довговічності підшипників

Ресурс роботи підшипників обчислюють за формулою

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3, \qquad (3.14)$$

де C - показник динамічної вантажопідйомності підшипника; для цього типу підшипника №1580206, який використовується в даному вузлі C=19,7 kH ;

n - частота обертання , хв$^{-1}$;

P - еквівалентне навантаження підшипника визначається за формулою

$$P = \chi \cdot \nu \cdot F_\nu \cdot k_б \cdot k_т, \qquad (3.15)$$

де $\chi$ - коефіцієнт радіального навантаження, $\chi$= 1 [18];

$\nu$ - коефіцієнт обертання, при обертанні внутрішнього кільця, $\nu$=1;

$F_\nu$ - радіальне навантаження; $F_\nu = R_A = R_B$=1800 Н ,

$k_б$ - коефіцієнт безпеки; $k_б$ =1,5 [18];

$k_т$ - температурний коефіцієнт, при $t \le 100$, $k_т$ =1;

Відповідно до формули (3.21) еквівалентне навантаження буде складати

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 1800 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2700H$$

а значення $L_h$ дорівнює

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 105} \cdot \left( \frac{19,7 \cdot 10^3}{2700} \right)^3 = 61565год$$

Прийнявши, що термін служби косарки до списання - 7 років, максимальний наробіток за рік - 450 год., отримаємо

$$T_м = 450 \cdot 7 = 3150 \text{ год.},$$

$$L_h > T_м .$$

Ресурс роботи підшипників відповідає встановленим вимогам і є достатнім для надійної експлуатації.

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що модернізована косарка є працездатною і здатна ефективно виконувати свої функції в заданих умовах роботи.

Висновок по розділу

Застосування косарки запропонованої конструкції дозволяє істотно зменшити обсяг ручної праці під час скошування трав на схилах, узбіччях доріг і каналах. Крім того, така машина забезпечує ефективне виконання робіт на ділянках зі складним та нерівним рельєфом.

У результаті розрахунків визначено повну роботу різального апарата, яка для заданих умов становить 69,3 Дж, що дозволяє оцінити енергетичні витрати на процес зрізування. На основі цього встановлено середнє зусилля

опору різанню та виконано подальший аналіз сил, що діють на ніж під час роботи.

Встановлено, що на ніж діє комплекс навантажень, до складу якого входять сила зрізу, сила інерції та сили тертя. При цьому сила інерції змінюється за лінійним законом залежно від положення ножа і досягає максимальних значень на початку та в кінці його ходу. Побудований графік сил показав, що найбільше навантаження на ніж виникає саме на початку процесу різання, де результуюча сила може перевищувати інерційні складові.

# 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОБОТІ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОСАРКИ КС-2,1

## 4.1. Охорона праці при роботі косарки КС-2,1

Експлуатація модернізованої косарки КС-2,1, яка обладнана поворотною рамою для встановлення різального бруса під різними кутами, пов’язана з рядом небезпечних і шкідливих факторів. Тому при її використанні особлива увага повинна приділятися питанням охорони праці та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

У процесі роботи косарки основними небезпечними факторами є рухомі частини різального апарата, елементи приводу, можливість вильоту сторонніх предметів, підвищений рівень шуму та вібрації, а також ризик втрати стійкості агрегату при роботі на схилах.

До керування модернізованою косаркою допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію, посвідчення тракториста-машиніста та пройшли інструктаж з техніки безпеки. Оператор повинен бути ознайомлений з особливостями конструкції модернізованого вузла зміни кута різального бруса.

Перед початком роботи модернізованої косарки КС-2,1 необхідно обов’язково провести ретельну підготовку машини та перевірити її технічний стан. Насамперед слід оглянути косарку в цілому, переконатися у справності приводу ножа, надійності кріплення всіх вузлів і деталей, а також у відсутності ослаблених з’єднань, які можуть призвести до поломки або аварійної ситуації під час роботи. Особливу увагу потрібно приділяти стану рами, зокрема зоні поворотного механізму, оскільки саме ця частина сприймає додаткові навантаження в процесі експлуатації модернізованої машини. Наявність тріщин, залишкових деформацій або пошкоджень зварних швів є неприпустимою, адже це може знизити міцність конструкції та створити загрозу для механізатора.

Крім того, перед виїздом у поле необхідно перевірити правильність встановлення кута різального бруса відповідно до конкретних умов роботи. Невірне регулювання може погіршити якість скошування, викликати перевантаження окремих елементів конструкції та негативно вплинути на стійкість усього агрегату. Також обов’язковою є перевірка наявності та справності захисних кожухів, які запобігають потраплянню сторонніх предметів у небезпечні зони та зменшують ризик травмування обслуговуючого персоналу. Робота косарки без передбачених конструкцією захисних елементів не допускається.

Під час експлуатації косарки необхідно суворо дотримуватися вимог безпеки. У зоні дії різального апарата не повинні перебувати сторонні особи, оскільки рухомі елементи машини становлять підвищену небезпеку і можуть спричинити тяжкі травми. Категорично забороняється виконувати будь-які регулювання, підтягування кріплень або інші операції технічного обслуговування при працюючому двигуні трактора. Такі дії є особливо небезпечними через наявність рухомих механізмів, що можуть раптово привести до захоплення одягу, рук або інструменту. Очищення ножа від налиплих рослинних залишків, ґрунту чи інших сторонніх предметів дозволяється здійснювати лише після повної зупинки всіх механізмів і вимкнення приводу. Робота при несправному, пошкодженому або розбалансованому різальному апараті також є недопустимою, оскільки це не лише погіршує якість виконання технологічного процесу, але й може стати причиною підвищених вібрацій, руйнування деталей і виникнення аварійної ситуації.

Особливу небезпеку становить експлуатація модернізованої косарки на схилах, для роботи на яких і передбачено дане конструктивне удосконалення. У таких умовах значно зростає ризик втрати стійкості машинно-тракторного агрегату, особливо при неправильному виборі швидкості руху або помилках під час маневрування. Тому на схилах необхідно працювати на знижених швидкостях, які забезпечують кращий

контроль над агрегатом і підвищують безпечність виконання роботи. Слід уникати різких поворотів, ривків, а також поперечного руху по крутих схилах, оскільки це може призвести до бокового знесення або перекидання машини.

У процесі роботи потрібно постійно контролювати стійкість агрегату, особливо при зміні кута встановлення різального бруса, адже така зміна впливає на розподіл навантажень і положення центру мас машини. Будь-яке регулювання в польових умовах слід виконувати обережно, з урахуванням рельєфу місцевості та фактичного стану поверхні ґрунту. Забороняється залишати косарку на схилі без вжиття додаткових заходів фіксації, оскільки під дією сили тяжіння можливе її самовільне переміщення. У разі вимушеної зупинки агрегат повинен бути надійно загальмований, а за потреби - додатково зафіксований упорами.

Отже, безпечна експлуатація модернізованої косарки КС-2,1 можлива лише за умови ретельної передробочої перевірки, суворого дотримання правил безпеки під час роботи та особливої обережності при використанні машини на схилах. Виконання цих вимог дозволяє зменшити ризик аварій, попередити травмування персоналу та забезпечити надійну і стабільну роботу косарки в різних виробничих умовах.

Для зменшення впливу пилу та шуму оператору рекомендується використовувати засоби індивідуального захисту.

## 4.2. Захист навколишнього середовища

Використання модернізованої косарки КС-2,1 має здійснюватися з обов’язковим урахуванням вимог охорони навколишнього середовища, оскільки під час виконання технологічних операцій скошування можливий певний вплив як на ґрунт, так і на рослинний покрив, атмосферне повітря та прилеглі природні об’єкти. Тому під час експлуатації машини необхідно

передбачати комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного екологічного навантаження.

Насамперед важливо не допускати витоків пально-мастильних матеріалів під час роботи, технічного обслуговування та зберігання агрегату. Потрапляння дизельного палива, мастила або інших технічних рідин на поверхню ґрунту призводить до його локального забруднення, погіршення агрофізичних властивостей і зниження біологічної активності. Саме тому перед початком польових робіт потрібно ретельно перевіряти герметичність паливної системи трактора, стан з’єднань, шлангів, ущільнень і місць змазування. Проведення заправки та технічного обслуговування слід організовувати лише у спеціально відведених місцях, де виключається безконтрольне потрапляння нафтопродуктів у ґрунт.

Важливим екологічним заходом є також підтримання двигуна трактора в технічно справному стані. Несправності паливної апаратури, системи подачі повітря чи випускної системи можуть призводити до неповного згоряння палива і, як наслідок, до збільшення викидів шкідливих речовин у атмосферу. Регулярне технічне обслуговування, своєчасне регулювання двигуна, очищення або заміна фільтрів, контроль якості палива дозволяють зменшити викиди чадного газу, оксидів азоту, сажі та інших продуктів згоряння. Це має не лише екологічне, а й економічне значення, оскільки справний двигун працює більш стабільно та з меншими витратами пального.

Не менш важливим є дотримання оптимальних строків скошування травостою. Виконання робіт у науково обґрунтовані агротехнічні строки забезпечує не тільки високу якість корму, а й сприяє кращому відновленню рослин після скошування. Надто раннє або запізніле проведення косовиці може послабити травостій, знизити здатність рослин до повторного відростання та негативно вплинути на видовий склад угідь. Раціонально вибраний час скошування дає змогу зберегти продуктивність природних і

сіяних травостоїв, підтримати їх екологічну стійкість та зменшити ризик деградації кормових угідь.

Під час роботи модернізованої косарки слід також приділяти увагу зменшенню ущільнення ґрунту. Багаторазові проходи агрегату по полю, особливо за підвищеної вологості, можуть погіршувати структуру ґрунту, знижувати його водо- і повітропроникність, а також створювати несприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин. Для запобігання цьому необхідно раціонально планувати маршрути руху машинно-тракторного агрегату, уникати зайвих переїздів та по можливості використовувати постійні технологічні колії. Такий підхід дозволяє локалізувати механічний вплив на поверхню поля та зберегти кращий стан ґрунту на основній частині оброблюваної площі.

Суттєве значення має і збереження природної рослинності на узбіччях полів, схилах, поблизу ярів, водойм та в прибережних захисних смугах. Такі ділянки виконують важливу природоохоронну функцію: запобігають ерозії ґрунту, сприяють затриманню поверхневого стоку, є середовищем існування корисної ентомофауни та інших живих організмів. Під час скошування потрібно уникати безпідставного порушення цих природних смуг, не допускати їх пошкодження колесами трактора чи ріжучим апаратом косарки. Особливо обережно слід працювати на схилах та біля водних об’єктів, де порушення рослинного покриву може спричинити посилення ерозійних процесів і погіршення екологічного стану території.

Отже, екологічно безпечне використання модернізованої косарки КС-2,1 полягає у поєднанні належного технічного стану машини, правильної організації технологічного процесу та дбайливого ставлення до природних ресурсів. Виконання зазначених вимог дозволяє зменшити забруднення ґрунту і повітря, зберегти родючість земель, підтримати стійкість травостою та мінімізувати негативний вплив механізованих робіт на довкілля.

Особливе значення має використання косарки на укосах каналів і узбіччях доріг. У цих умовах необхідно уникати пошкодження дернини, що

може призвести до ерозії ґрунту. Завдяки можливості регулювання кута різального бруса модернізована косарка забезпечує більш акуратне скошування без значного порушення структури ґрунту.

Також важливо мінімізувати втрати зеленої маси, що досягається правильним регулюванням різального апарата та вибором оптимальної швидкості руху агрегату.

Висновок по розділу

Модернізована косарка КС-2,1, обладнана поворотною рамою, розширює можливості механізованого скошування трав на складних ділянках, однак вимагає підвищеної уваги до питань безпеки праці. Дотримання встановлених правил експлуатації, своєчасне технічне обслуговування та правильна організація роботи забезпечують безпечні умови праці та надійну роботу машини.

Одночасно виконання екологічних вимог дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, зберегти родючість ґрунтів та забезпечити раціональне використання природних ресурсів.

# 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ

У дипломному проєкті запропоновано удосконалення косарки КС-2,1М, яке забезпечує ефективніше її застосування під час заготівлі кормів, зокрема на полях із нерівним рельєфом. Розроблена конструкція сприяє більш якісному зрізуванню кормових культур, що створює умови для підвищення робочої швидкості машинного агрегату. У результаті цього, за попередніми розрахунками, продуктивність косарки може зрости з 1,6 до 2,7 га/год.

Оцінювання техніко-економічних показників виконано на основі порівняння з серійною косаркою КС-2,1..

Усі вихідні параметри для розрахунку зведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Базові дані для проведення техніко-економічних розрахунків.

| № | Критерій | Одиниця виміру | Сільськогосподарська машина | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Серійна | Модернізована |
| 1 | Обсяг робіт за рік | га | 60 | 60 |
| 2 | Виробіток | га/год | 1,6 | 2,7 |
| 3 | Питомі витрати ПММ | кг/га | 3,2 | 2,8 |
| 4 | Вартість:<br>- Трактора<br>- Машини | грн | <br>960000<br>25000 | <br>960000<br>26000 |
| 5 | Обслуговуючий персонал | чол. | 1 | 1 |

У додатку А дипломного проєкту наведено розрахунки економічної ефективності, а результати цих розрахунків узагальнено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Техніко-економічні показники

| № | ПОКАЗНИКИ | ВАРІАНТ | |
|---|---|---|---|
| | | Базовий | Проект |
| 1 | Вид роботи | Заготівля кормів | |
| 2 | Об′єм роботи, га | 60 | 60 |
| 3 | Склад агрегату:<br>трактор<br>машина | <br>МТЗ-82<br>КС-2,1 | <br>МТЗ-82<br>КС-2,1М |
| 4 | Продуктивність, га/ год | 1,6 | 2,7 |
| 5 | Кількість обслуговуючого персоналу<br>-трактористів-машиністів<br>-допоміжних працівників | <br>1<br>- | <br>1<br>- |
| 6 | Витрати праці, люд.· год/ га | 37,50 | 22,22 |
| 7 | Тарифний розряд роботи | V | V |
| 8 | Тарифна ставка, грн/год | 146,4 | 146,4 |
| 9 | Норма витрати пального, кг/ га | 3,2 | 2,8 |
| 10 | Комплексна ціна ПММ, грн/ кг | 79,9 | 79,9 |
| 11 | Експлуатаційні витрати, всього грн/га<br>у тому числі:<br>Витрати на ПММ<br>Витрати на ТО, ТР, зберігання,<br>-трактора<br>-машини | 3655,78<br><br>255,68<br><br>3072,00<br>80,00 | 3526,10<br><br>223,72<br><br>3072,00<br>83,20 |
| 12 | Капітальні вкладення, грн/ га | 16416,67 | 16433,33 |
| 13 | Приведені затрати, грн/га | 6118,28 | 5991,10 |
| 14 | Річний еномічний ефект, грн | - | 7630,50 |
| 15 | Термін окупності, років | | 0,2 |

Висновок по розділу

Економічні розрахунки підтверджують доцільність упровадження модернізованої косарки у виробничих умовах. Очікуваний річний економічний ефект від його застосування становить 7630,50 грн, що свідчить про реальне зменшення експлуатаційних витрат та підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Термін окупності

додаткових витрат дорівнює 0,2 року, тобто вкладені кошти повертаються за дуже короткий проміжок часу. Це дає підстави вважати розроблену конструкцію економічно вигідною, доцільною для практичного використання та рекомендованою до впровадження в сільськогосподарське виробництво

# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу технологічних основ заготівлі сіна встановлено, що ефективність використання травостою визначається біологічно обґрунтованими строками скошування, правильно вибраною висотою зрізу та раціональним чергуванням укосів. Найкращі результати забезпечує скошування у фазі бутонізації - початку цвітіння, коли досягається оптимальне співвідношення між урожайністю та якістю корму.

2. Враховуючи суттєві переваги сегментно-пальцьових різальних апаратів підпірного зрізування, доцільним є напрямок удосконалення конструкцій косарок саме у цьому напрямі. Такі апарати забезпечують більш чистий зріз рослин, менше пошкоджують стебла і листкову масу, що особливо важливо при заготівлі високоякісних кормів.

3. У дипломному проєкті виконано силовий аналіз роботи різального апарата косарки, який є необхідною складовою при проєктуванні та обґрунтуванні конструктивних параметрів машини. Встановлено, що процес зрізування рослинної маси є складним і залежить від великої кількості факторів, зокрема густоти травостою, біологічних особливостей рослин, їх фізико-механічних властивостей та погодних умов. У зв’язку з цим для розрахунків використано не лише теоретичні залежності, а й експериментальні дані, зокрема показник роботи $A_0$, що витрачається на зрізування рослин з одиниці площі.

4. На основі визначеної сили, що передається через шатун, розраховано параметри привідного механізму, зокрема крутний момент на кривошипному валу, необхідний момент інерції маховика, а також потужність, потрібну для приводу ножа.

5. Модернізована косарка КС-2,1, оснащена поворотною рамою, дозволяє ефективно виконувати скошування трав на ділянках зі складним рельєфом, однак потребує підвищеного контролю за дотриманням вимог безпеки. Виконання правил експлуатації, своєчасне технічне

обслуговування та раціональна організація робочого процесу забезпечують безпечні умови праці персоналу і стабільну, надійну роботу машини.

6. У результаті проведених розрахунків і техніко-економічного аналізу встановлено, що виготовлення модернізованої косарки КС-2,1М не потребує розроблення чи придбання спеціального технологічного обладнання, складного оснащення або суттєвої перебудови виробничої бази. Це значно спрощує впровадження конструкції у виробництво та дає змогу знизити початкові витрати на її виготовлення. Крім того, використання наявних технічних засобів і стандартних технологічних операцій сприяє скороченню трудомісткості виготовлення та підвищує практичну привабливість запропонованого технічного рішення.

# ЛІТЕРАТУРА

1. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф., Лебедєв А.Т. та ін. Сільськогосподарські машини: теорія і розрахунок. Київ: НУБіП України, 2018. 480 с.

2. Мельник Ю.Ф., Кравчук В.І. Сільськогосподарські машини. Київ: Вища освіта, 2016. 520 с.

3. Барановський В.М., Пастухов В.І. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Харків: ХНТУСГ, 2015. 410 с.

4. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Машини і обладнання для рослинництва: розрахунок і проєктування. Київ: Компринт, 2018. 320 с.

5. Погорілий В.П., Лисенко В.Г. Проектування та розрахунок сільськогосподарських машин. Київ: Аграрна освіта, 2017. 360 с.

6. Калетнік Г.М., Гончарук І.В. Інженерні розрахунки машин і обладнання АПК. Вінниця: ВНАУ, 2020. 300 с.

7. Ловейкін В.С. Теорія і розрахунок машин для заготівлі кормів. Київ: НУБіП України, 2017. 290 с.

8. Гуменюк І.М., Дудник В.П. Машини для заготівлі кормів. Київ: Урожай, 2019. 250 с.

9. Тарасенко О.О. Машини для кормовиробництва. Харків: ХНТУСГ, 2018. 270 с.

10. Скрипник В.О., Даценко Л.М. Конструювання машин і обладнання аграрного виробництва. Полтава: ПДАА, 2019. 280 с.

11. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Лімонт А.С. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. Київ: Урожай, 2015. 348 с.

12. Бендера І.М. Механізація сільськогосподарського виробництва. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 400 с.

13. Кравчук В.І. Технічне забезпечення аграрного виробництва. Київ: НУБіП України, 2019. 350 с.

14. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2015. 560 с.

15. Клочко В.М. Теорія механізмів і машин. Київ: Вища школа, 2016. 320 с.

16. Гуржій І.М. Основи конструювання машин. Київ: Либідь, 2018. 300 с.

17. Ляшенко М.В. Машини для рослинництва. Харків: Факт, 2017. 310 с.

18. Коваль В.М. Розрахунок і проектування механізмів. Львів: Новий Світ, 2019. 280 с.

19. Бондаренко П.М. Машини для кормовиробництва. Київ: Аграрна наука, 2020. 290 с.

20. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» - Дніпро: ДДАЕУ, 2022.- 45с.

21. Безпека людини у життєвому середовищі: Навч. посібник / В.І.Голінько, М.В.Шибка, О.В.Безщасний. - 4-е вид., перероб. і доп. - Д.: Національний гірничий університет, 2008. - 191 с.

22. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основи охорони праці: Навч. посібник. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с..

23. Журнал «Техніка і технології АПК». Київ, 2019-2024.

24. Вісник аграрної науки. Київ, 2018-2024.

25. Механізація та електрифікація сільського господарства: збірник наукових праць. Київ: ННЦ «ІМЕСГ», 2018-2024.

26. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Київ, 2019-2024.

27. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2019-2024.

28. Узаров А., Саух І., Вікарчук О. Основи економічної теорії. К.: Центр навчальної літератури, 2019, 312 с.

29. Бойчик І.М Економіка підприємства. Київ: Кондор - Видавництво, 2016. 378 с.

30. ASABE Standards. Agricultural Machinery Design. USA, 2019.

31. John Deere. Hay and Forage Equipment Catalogue. 2021.

32. KUHN. Grass Harvesting Machinery. Technical Guide. 2022.

# ДОДАТКИ

# ДОДАТОК А

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням продуктивність агрегатів складатиме:

| Базовий | Проект |
|---|---|
| $W_{СЕЗ}$ = 60 га | $W_{СЕЗ}$ = 60 га |

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

| Базовий | Проект |
|---|---|
| $К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{60}{1,6} = 37,50$ год | $К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{60}{2,7} = 22,22$ год |

Кількість обслуговуючого персоналу n = 1 тракторист-машиніст. Витрати праці:

| Базовий | Проект |
|---|---|
| $В_{П} = К_{НГ} \cdot n = 37,50 \cdot 1 = 37,50$ год | $В_{П} = К_{НГ} \cdot n = 22,22 \cdot 1 = 22,22$ год |

Тарифний розряд роботи - п'ятий з тарифною ставкою 146,40 грн/год.

Норма витрати палива у відповідності з виконаними у главі 4 розрахунками становить:

| Базовий | Проект |
|---|---|
| $В_{ПММ}$ = 3,2 кг/га | $В_{ПММ}$ = 2,8 кг/га |

Комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів – $Ц_{ПММ}$ = 79,9 грн/кг.

Балансова вартість агрегатів:

| Базовий | | Проект | |
|---|---|---|---|
| Трактор МТЗ-82 | - 960000грн | Трактор МТЗ-80 | - 960000грн |
| КС-2,1 | - 25000грн | КС-2,1М | - 26000грн |
| Всього | 985000грн | Всього | 986000грн |

Норма амортизації для трактора – 15%.

Нормативне завантаження на рік –

- трактора - 1000год;
- машини - 480год

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{ТО}$ = 11% - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_З$ = 0,2% - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{ТР}$ = 8% - норма відрахувань на ремонт.

Експлуатаційні витрати на 1га:

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{С_Т}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K \ ,$$

де $С_Т$ - тарифна ставка, 146,4 грн/год;

$К_1$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$К_2$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні мероприємства.

Базовий

$$П = \frac{146,4}{1,6} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 151,74 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П = \frac{146,4}{2,7} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 89,47 \text{грн/га}$$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора - 15%, косарка КР-2,1М - 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1280 год;
- машини - 360 год

Базовий

Трактор: $А_{ТР} = \frac{960000 \cdot 15}{100 \cdot 1280 \cdot 1,6} = 70,31 \text{грн/га}$

Проект

$$А_{ТР} = \frac{960000 \cdot 15}{100 \cdot 1280 \cdot 2,7} = 41,67 \text{грн/га}$$

машина: $А_М = \frac{25000 \cdot 15}{100 \cdot 360 \cdot 1,6} = 26,04$ грн/га

$$А_М = \frac{26000 \cdot 15}{100 \cdot 360 \cdot 2,7} = 16,05 \text{ грн/га}$$

Всього: $А_Σ$ = 70,31+26,04 = 96,35 грн/га

$А_Σ$ = 41,67+16,05 = 57,72 грн/га

Базовий Проект

$В_{ПММ} = Ц_{ПММ} \cdot В_{ПММ} = 79,9 \cdot 3,2 = 255,68$ грн/га

$В_{ПММ} = 79,9 \cdot 2,8 = 223,72$ грн/га

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$В = \frac{В_Б \cdot (а_{ТО} + а_З + а_{ТР})}{100 \cdot К_{НГ} \cdot W_{ГОД}},$$

де $В_Б$ – балансова вартість, грн;

Базовий Проект

Трактор: $В_{ТР} = \frac{960000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 37,5 \cdot 1,6} = 3072,00$грн/га

$В_{ТР} = \frac{960000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 22,22 \cdot 2,7} = 3072,00$грн/га

Машини: $В_М = \frac{25000 \cdot (11 \cdot 8+0,2)}{100 \cdot 37,5 \cdot 1,6} = 80,00$грн/га

$В_М = \frac{26000 \cdot (11 \cdot 8+0,2)}{100 \cdot 22,22 \cdot 2,7} = 83,20$грн/га

Всього по агрегату:

$В_{ТР} = В_{ТР} + В_М = 3072,00+80,00 = 3152,00$ грн/га

$В_М = 3072,00+83,20 = 3155,20$грн/га

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий Проект

$Е_В = 151,74 + 96,35 + 255,68 + 3152,00 = 2339,66$ грн/га

$Е_В = 89,47 + 57,52 + 223,72 + 3155,20 = 2120,36$ грн/га

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий Проект

$E_\Sigma = E_B \cdot W_{СЕЗ}$ =2339,66 · 60 = 219346,67 грн $E_\Sigma$ =2120,36·60 =211566,16 грн

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий Проект

Трактор: $K_B = \frac{B_Б}{W_{СЕЗ}} = \frac{960000}{60} = 16000$грн/га $K_B = \frac{960000}{60} = 16000$грн/га

Машини: $K_B = \frac{25000}{60} = 416{,}67$грн/га $K_B = \frac{26000}{60} = 433{,}33$грн/га

Всього:

$K_B$ = 16000 + 416,67 = 16416,67 грн/га $K_B$ = 16000 +433,33 = 16433,33 грн/га

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0{,}15 \cdot K_B$$

Базовий Проект

$П_B$ = 2339,66 + 0,15·16416,67 =6118,28 грн/га

$П_B$ = 2120,36 + 0,15·16433,33 =5991,10 грн/га

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий Проект

$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{СЕЗ}$ =6118,28 ·60 = 367096,67 грн $П_B$ =5991,10 ·60 = 359466,16 грн

Річний економічний ефект:

$E_B$ = 367096,67 –359466,16 =7630,50 грн

Термін окупності:

$T_o$= (986000-985000)/ 7630,50 = 0,2 роки

Результати розрахунків представлено у табл. 5.2.

| фрм | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | . | |
| | | | | Документація | | |
| | | | | | | |
| А1 | | | 52.ДП.123.000.002. СК | Складальне креслення | | |
| | | | | | | |
| | | | | Складові одиниці | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | 52.ДП.123.001.002. | Рама косарки | 1 | |
| | | 2 | 52.ДП.123.002.002. | Пристрій навісний | 1 | |
| | | 3 | 52.ДП.123.003.002. | Опора (стійка рами) | 2 | |
| | | 4 | 52.ДП.123.004.002. | Кронштейн кріплення | 1 | |
| | | | | приводу | 1 | |
| | | 5 | 52.ДП.123.005.002. | Редуктор приводу | 1 | |
| | | | | ножа | 1 | |
| | | 6 | 52.ДП.123.006.002. | Пальцьовий брус | 1 | |
| | | 7 | 52.ДП.123.007.002. | Механізм підйому | 1 | |
| | | 8 | 52.ДП.123.008.002. | Карданний вал | 1 | |
| | | 9 | 52.ДП.123.009.002. | Кривошипно- | 1 | |
| | | | | механізм | 1 | |
| | | 10 | 52.ДП.123.010.002. | Ніж сегментний | 1 | |
| | | 11 | 52.ДП.123.011.002. | Башмак опорний | 1 | |
| | | 12 | 52.ДП.123.012.002. | Башмак опорний | 1 | |
| | | 13 | 52.ДП.123.013.002. | Пластина притискна | 1 | |
| | | 14 | 52.ДП.123.014.002. | Направляюча ножа | 1 | |

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | 52.ДП.030000.002.СК | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Коваль А.В | | | Косарка КС-2,1М | Літ. | Арк. / Аркушів |
| Перевір. | | Кобець О.М | | | | | |
| Реценз. | | | | | | ДДАЕУ | |
| Н. Контр. | | Теслюк Г.В. | | | | | |
| Затверд. | | Теслюк Г.В. | | | | | |