

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. СЕМКОВИЧА О.Д.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: „ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКОШУВАННЯ ТРАВ З
ВИКОРИСТАННЯМ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ КРС-2”

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Петрик Юрій Іванович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Семен Я.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Паславський Р.І.
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

Підвищення ефективності скошування трав з використанням удосконаленої косарки КРС-2. Петрик Ю.І. Дипломний проект. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Семковича О.Д. –Дубляни, Львівський НУП, 2023.

51 с. текст. част., 8 рис., 1 табл., 23 джерела, 6 арк. графіч. част. формату А1

Проаналізовано способи, технології та засоби для механізації робіт під час скошування трав.

Запроектована операційна технологія скошування трав з використанням удосконаленої косарки, розроблена операційна схема збирання трав на насіння та сіно.

Розроблено конструкцію обладнання до косарки КРС-2 для додаткового плющення трави одночасно із скошуванням та укладанням у покоси.

Розроблено питання охорони праці з визначенням травмонебезпечних місць і зон на МТА для скошування трав. Проаналізовано стан екологічної безпеки виробництва.

Виконане економічне обґрунтування ефективності роботи косарки КРС-2 при скошуванні трав з одночасним плющенням в порівнянні з косаркою КІРН-3,0 показує зменшення прямих питомих експлуатаційних затрат на виконання операції на 4,62%.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	7
1.1 Способи й технології заготівлі кормів з трав.....	7
1.2 Аналіз існуючих конструкцій косарок.....	9
Висновки.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ СКОШУВАННЯ ТРАВ	14
2.1 Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги.....	14
2.2 Організація і технологія виконання операції.....	15
2.3 Розрахунок агрегату.....	15
2.4 Технологічна наладка агрегату для скошування трав	22
Висновки.....	23
3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОТАЦІЙНОЇ КОСАРКИ КРС-2	24
3.1 Обґрунтування конструктивної розробки.....	24
3.2 Розрахунок запропонованого удосконалення.....	25
3.2.1 Розрахунок режиму роботи ротаційного ріжучого апарату.....	25
3.2.2 Розрахунок сил, що діють у плющильному вузлі.....	26
3.2.3 Попередній розрахунок діаметра плющильного вала	28
3.2.4 Розрахунок пасової передачі.....	29
3.2.5 Перевірочний розрахунок цапфи плющильного вала.....	33
Висновки.....	34
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1 Окреслення чинників можливих травм та аварій під час скошування трав.....	35
4.2 Розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій.....	37
4.3 Розрахунок стійкості роботи МТА.....	38
4.4 Техніка безпеки при роботі на МТА для скошування трав.....	39
Висновки.....	41

5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	42
5.1 Основні чинники негативного впливу на довкілля під час заготівлі сіна.....	42
5.2 Збереження і використання нафтопродуктів.....	43
5.3 Шляхи зниження негативної дії на довкілля об'єкту дослідження.....	43
Висновки.....	44
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ	45
Висновки.....	47
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	50

ВСТУП

Розвиток тваринницької галузі не можливий без створення міцної кормової бази, яка охоплює систему заходів для виробництва кормів і їх раціональне використання під час годівля сільськогосподарських тварин.

Незважаючи на широке впровадження для годівлі тварин різного роду кормів і кормових добавок, корми рослинного походження, в основі яких є багаторічні та однорічні трави, а саме сіно, сінаж, силос, вітамінне (сінне борошно), свіжоскошені трави залишаються легкодоступними і вкрай необхідними у раціоні більшості сільськогосподарських тварин. Але їх поживність залежить як від природних та ґрунтових умов, так і від рівня агротехніки їх вирощування та заготівлі, періоду вегетації під час збирання й умов зберігання.

Проте, без належного рівня механізації окремих технологічних операцій під час заготівлі кормів не можна забезпечити своєчасність і якість виконання усіх обсягів робіт.

В залежності від природно-кліматичних умов господарювання застосовують різні способи й технології заготівлі кормів. Вони вибираються для кожного виду і поголів'я сільськогосподарських тварин з врахуванням умов збирання, урожайності трав, площ масивів і їх конфігурацією. Скошування трав – вважається однією з основних технологічних операцій під час заготівлі сіна в будь-якому вигляді. Для бобових трав доцільно використовувати косарки, які одночасно із скошуванням проводять і плющення. Але для злакових трав плющення не є доцільним. Саме тому доцільним є можливість використовувати агрегат, який міг би скошувати траву з одночасним плющенням або без плющення.

Враховуючи вищенаведене метою дипломного проекту є аналіз технологій та засобів під час заготівлі кормів із трав, розробка механізованої технології скошування бобових трав з використанням удосконаленої косарки КРС-2, розробка заходів з безпечного використання МТА для скошування трав, охорони навколишнього середовища й визначення техніко-економічних показників використання МТА для скошування трав.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Способи й технології заготівлі кормів з трав

З природних (сіяних) трав можна отримати сіно розсипне, пресоване, подрібнену зелену масу, силос, сінаж, сінне (трав'яне) борошно. Методи їх заготівлі подібні і різняться в основному останнім етапом, а саме формування кінцевого продукту [7, 9, 22, 23].

Під час заготівлі розсипного сіна траву скошують (скошують з одночасним плющенням), повертають (ворушать) покоси, згрібають їх у валки і підбирають їх з утворенням копиць (скирт) з можливим активним вентиляванням. Ця технологія має перевагу через малі затрати під час заготівлі, але характеризується надмірними втратами під час зберігання, особливо під відкритим небом.

Під час заготівлі пресованого сіна проводять подібні операції, а саме скошування (для злакових трав) або скошування з плющенням (для бобових трав), ворущіння покосів, згрібання у валки з наступним їх підбиранням прес-підбирачами й утвореннями рулонів або пак (тюків) й транспортуванням до місць зберігання. При цьому рулони (паки) можна обгортати стрейчевою стрічкою для підвищення якості сіна і збільшення тривалості його зберігання. Проте, ця технологія більш затратна і вимагає складів чи ангарів для зберігання продукту [7, 9, 23].

Під час заготівлі подрібненого сіна (свіжоскошених трав) траву скошують з плющенням, ворушать покоси, згрібають сіно у валки, які підбирають з одночасним подрібненням на частинки довжиною 3-5 см, транспортують і укладають утворену масу до ям, траншей чи башт, ущільнюють її, герметизують та укривають землею.

Під час виробництва травяного борошна траву скошують з подрібнення і висушують у спеціальних агрегатах при високих температурах. Якщо траву скошують на зелені корми, то її просто скошують і навантажують на транспортні засоби. Найбільш поширені технології та засоби для їх реалізації відображені на рисунку 1.1.

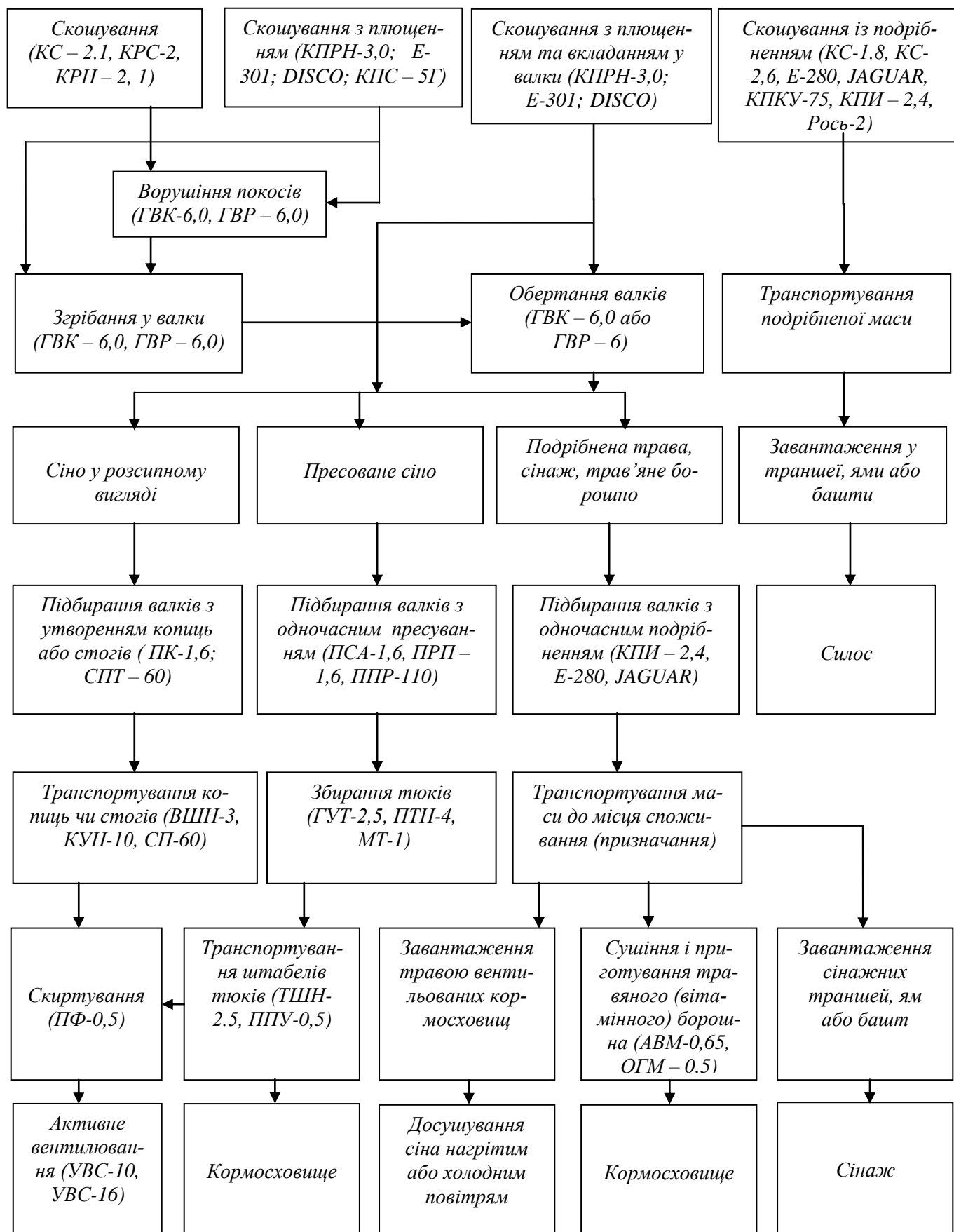


Рисунок 1.1 Способи й технології заготівлі кормів

1.2 Аналіз існуючих конструкцій косарок

Косарки призначені для скошування природних або сіяних трав з укладанням їх у валок або за шириною захвату машини. Косарки-плющарки одночасно із скошуванням плющать трави (застосовують для бобових трав). Основними робочими органами косарок є різальні апарати, які мають активний привід (механічний, гідро-або електричний).

Однобрусна, швидкісна, начіпна косарка КС-2,1А має раму 1 (рисунок 1.2, а), різальний апарат з кривошипно-шатунним механізмом приводу та механізм піднімання різального апарата [4, 5, 11].

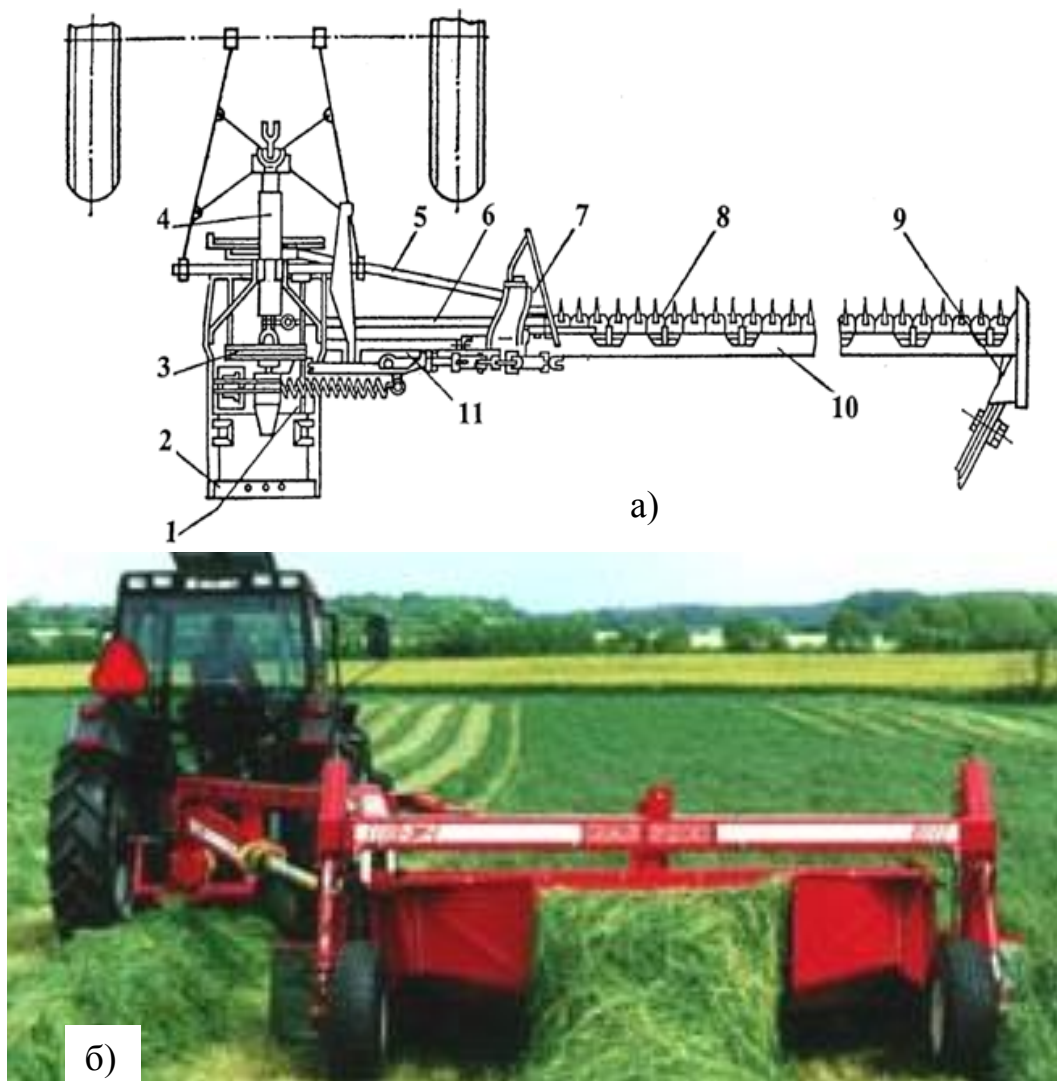


Рисунок 1.2 Однобрусна косарка КС-2,1 А:

а – схема (1 – рама, 2 - задня підставка, 3 - клинопасова передача, 4 - карданна передача, 5 – шпренгель, 6 – шатун, 7 - внутрішній башмак, 8 – ніж, 9 - зовнішній башмак, 10 - пальцевий брус, 11 - тягова штанга),
б – загальний вигляд.

Різальний апарат косарки нормального різання з одинарним пробігом ножа. Пальцьовий брус 10 має вигляд суцільної сталевий штаби із змонтованими на ній пальцями і опирається на два башмаки - внутрішній 7 та зовнішній 9.

Брус 10 з'єднаний з рамою косарки тяговою 11, яка, в свою чергу, через кронштейн кріпиться шарнірно до штиря рами 1.

Навішують косарку на начіпку трактора за допомогою передніх та задніх стояків раму. Сам задній стояк може використовуватися як причіпна скоба для приєднання машин, що можуть агрегатуватися з косаркою. На рамі 1 косарки закріплені також пальці та зварний стояк, через який косарку з'єднують з начіпною системою енергетичного засобу.

Піднімають у транспортне і опускають у робоче положення косарку за допомогою гідросистеми та системи важелів, які забезпечують ефективне копіювання рельєфу під час роботи на підвищених швидкостях.

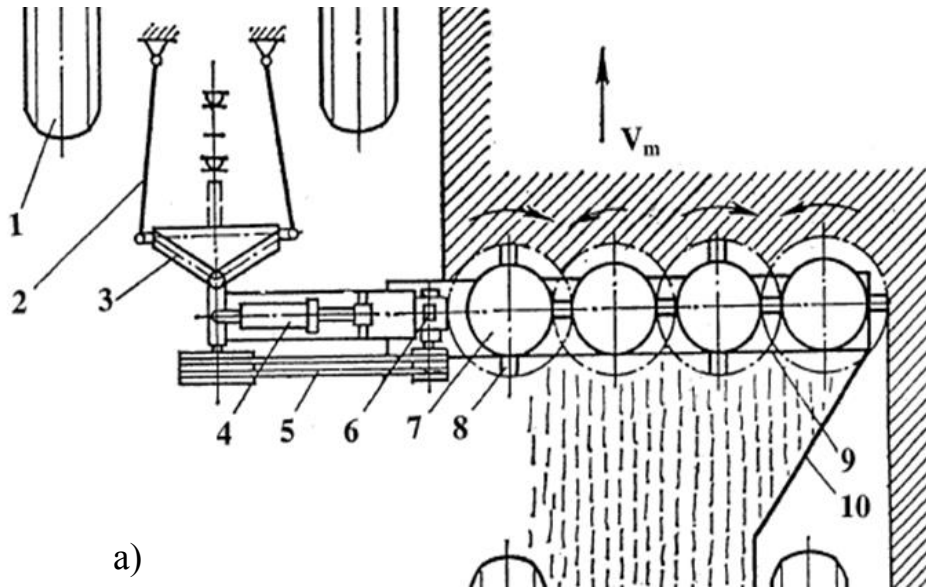
Під час руху трактора в полі стебла трави потрапляють в проміжки між пальцями різального апарату, сегменти лезами притискають їх до вкладишів на пальцях та зрізують стебла, укладаючи їх пластом на зрізане поле позаду косарки.

Начіпна ротаційна косарка КРС-2 призначена для скошування високоврожайних та полеглих трав із одночасним укладанням їх у покоси (валки). Косарка працює на підвищених швидкостях (2,5-4,15 м/с).

Косарка має брус 9 (рисунок 1.3), з розміщеними на ньому дисками 7, обладнаними шарнірно закріпленими ножами 8, конічний редуктор 7, гідроциліндр 4 та механізм приводу у вигляді клинопасової передачі 4.

Під час руху трактора з опущеними робочими органами, трава зрізується ножами 8, закріплених на дисках 7, які обертаються попарно з кутовою швидкістю близько 65 м/с.

Скошена трав'яна маса підхоплюється ножами 8 та дисками 7, проходить по роторах, перекидається через брус 9 та укладається в покос, ударяючись об щиток 10 польового подільника. При контакті з ним трав'яна маса змінює траєкторію свого руху й укладається в валок (покос).



а)



б)

Рисунок 1.3 Ротаційна косарка КРС-2:

а) схема (1 – колесо трактора, 2 – начіпка трактора, 3 – рама начіпного пристрою, 4 – гідроциліндр, 5 – передача клинопасова, 6 –редуктор конічний, 7 – диск, 8 – ніж, 9 – брус роторів, 10 – щиток польового подільника),
б) загальний вигляд.

Недолік косарки полягає у процесі укладання трав у валок. Оскільки вони високоврожайні, то укладаючись у валок без розпушування трава підсихає повільно, не провітрюється і це може призвести до появи грибків та бактерій, а це негативно впливає на якість кормів.

Саме тому на ротаційних косарках фірми CLAAS змонтовано додаткове обладнання для одночасного плющення стебел багаторічних трав разом із скошуванням [11].

Конструкція обладнання – це обертовий вал 3 (рисунок 1.4) із закріпленими на ньому підпружиненими пальцями 4. Вал монтується в підшипникових опорах рами, яка розміщена над різальним брусом ротаційної косарки.

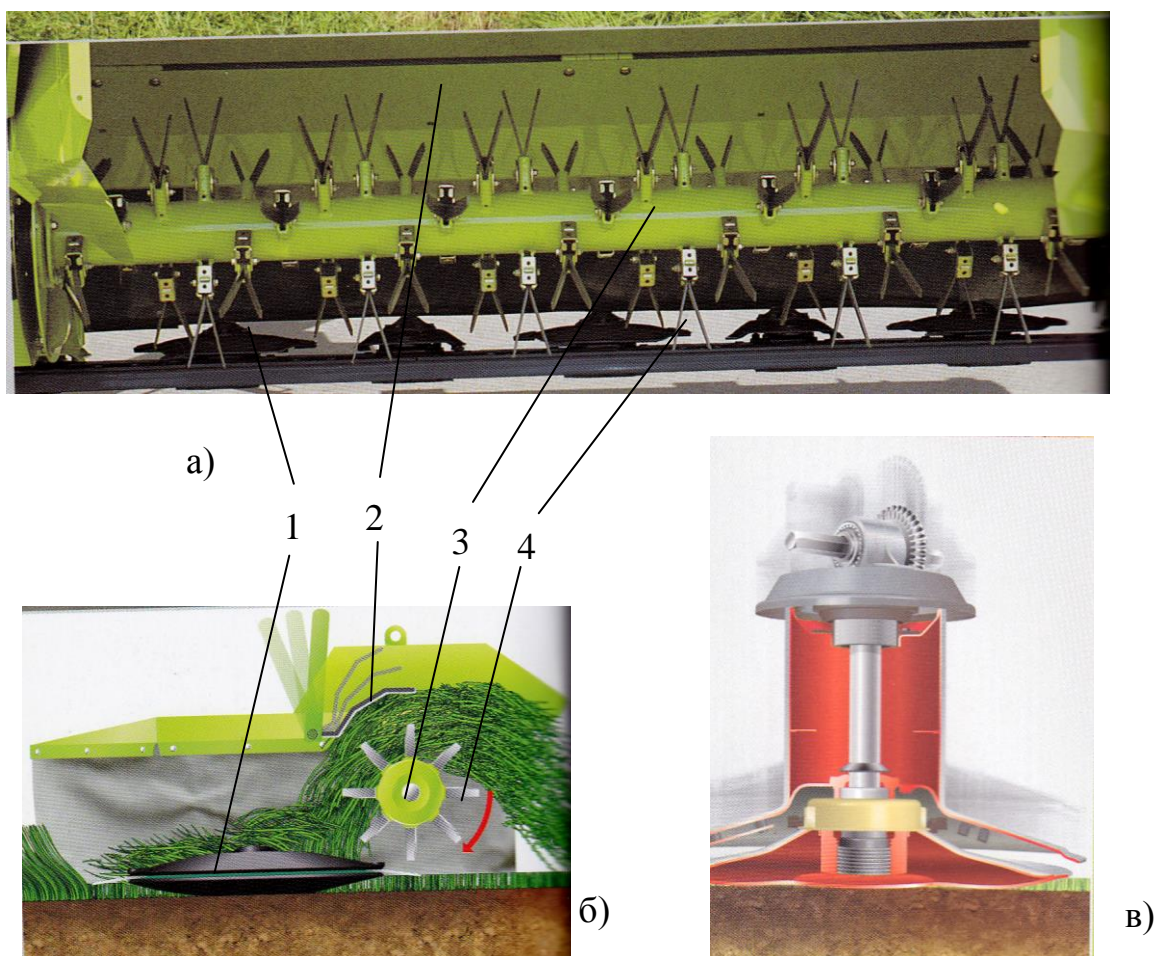


Рисунок 1.4 Ротаційні косарки фірми CLAAS:

а – робочі органи косарки DISCO; б – схема технологічного процесу косарки DISCO; 1 – різальний апарат; 2 – кожух; 3 – вал плющильно-кондиціювального апарату; 4 – еластичні пальці кондиціонера; в – робочий орган косарки CORTO.

Під час руху косарки DISCO скошені ножами обертових роторів 1 стебла рослин рівномірним потоком скеровуються у вузький зазор між валом 3 і кожухом 2. Рівномірність потоку рослин забезпечується пальцями 4, які змонтовані на валу 3 в шахматному порядку. В процесі проходження у вузький зазор рослини ущіль-

нюються, а пальці загинаються в протилежному від напрямку обертання вала 1 напрямку. Після обертання вала 1 на кут, за якого трава виходить за межі кожуха 2 пальці пружиняють, розтягують трав'яну масу, яка набирає прискорень і укладаються на скошену стерню в розпушеному вигляді. При цьому скошена трава може укладатися за шириною покосу або у валок.

Висновки

1. Серед відомих способів для скошування бобових трав найефективнішим є потоковий спосіб, за як одночасно із скошуванням відбувається плющення трави по всій довжині стебла.
2. На сьогоднішній день існує безліч варіантів машин для скошування та скошування трав із плющенням, проте ефективність їх роботи залежить від багатьох чинників, передовсім урожайності.
3. Серед основних недоліків косарок – відносно низька продуктивність і якість виконання технологічного процесу.

2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ СКОШУВАННЯ ТРАВ

2.1 Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги

До моменту безпосереднього збирання (скошування) багаторічних трав вони, як правило, являють собою однорідну масу рослин урожайністю понад 200-250 ц/га. Щоб заготовити з цих рослин якісний трав'яний корм, багатий на поживні речовини (перетравний протеїн та каротин) необхідно правильно вибрати терміни їх скошування. Відомо, що для злакових трав цей термін розпочинається у період їх колосіння, а для бобових – у період їх бутонізації. Якщо заготовляють сіно з природних трав, то цей період розпочинається на початку їх цвітіння. Але слід мати на увазі, що скошувати усі види трав потрібно до повного цвітіння [9].

Важливо також вибрати необхідну висоту скошування трав, що впливає на їх здатність до самовідтворення та врожайність заготовлених кормів. Тому в лісо-луговій зоні природні трави скошують на висоті 5-6 см, а сіяні – 8-10 см [9].

Згідно біологічних особливостей середня висота трав до моменту їх скошування сягає 40-80 см; на 1 м² може проростати 1170-4845 рослин (стебел) природних трав, жорсткість яких складає в середньому 49-646 Н/см², а тому для їх зрізування на площі 1 м² необхідно затратити 196-294 Дж/м² роботи.

Під час заготівлі кормів з природних або сіяних трав необхідно дотримуватись певних агротехнічних вимог, а саме:

- перший укіс бобових трав слід починати в стадії бутонізації, лугових та лучних – на початку їх цвітіння, а злакових – в період колосіння;
- скошування усіх видів трав слід проводити за 5...7 днів, а на низинних територіях лук, лугів, заплавах річок і озер та болотах – 7...10 днів;
- висота зрізу рослин природних трав має становити: у степовій зоні – 4,0...4,5 см, в лісолучній та лісостеповій зонах – 5...6 см [4, 9, 12].

Машини для догляду за скошеною травою (граблі) не повинні надмірно ворушити, перетрушувати, засмічувати сіно та розривати стебла і обламувати листочки, забезпечуючи певну вологість сіна для унеможливлення розвитку в ньому грибків, бактерій та хвороботворних мікроорганізмів.

2.2 Організація й технологія виконання операції скошування трав

Операцію скошування трав виконуємо агрегатом у складі трактора Беларусь-982 та машини КРС-2.

Заздалегідь до початку збиральних робіт (за 5-8 робочих днів) по заготівлі сіна оглядаємо ділянку, обираємо можливий напрямок руху збирального агрегату та усуваємо, за можливості, перешкоди.

Безпосередньо перед скошуванням трав поле розбиваємо на окремі загінки, величина яких орієнтовно відповідає змінній продуктивності косарки. При цьому визначаємо орієнтовну урожайність трав, вибираємо робочу передачу і, відповідно, швидкість руху машинно-тракторного агрегату.

Щоб запобігти подрібненню скошеної трави активними робочими органами (різальними апаратами) ротаційної косарки, швидкість руху МТА має бути не нижчою 12-14 км/год.

2.3 Розрахунок агрегату для скошування трав

Враховуючи рекомендовану і технологічно-допустиму швидкості на скошування багаторічних трав, вибираємо шосту передачу другого діапазону трактора, для якої $P_T=9,5$ кН, а теоретична швидкість $V_m=12,3$ км/год. (3,42 м/с) [21].

Визначаємо опір агрегату для скошування трав за формулою:

$$R_{agr} = R_{вен} + R_m \quad (2.1)$$

де $R_{вен}$ – опір, що може додатково реалізуватися на привід активних робочих органів косарки від ВВП трактора, кН;

R_m – опір косарки, кН.

$$R_{вен} = \frac{N_{вен} \eta_c}{V_p \eta_{mp}}, \quad (2.2)$$

де $N_{вен}$ – потужність приводу робочих органів косарки через ВВП трактора, кВт,

η_c – ккд силової передачі енергетичного засобу;

η_{mp} – ккд трансмісії енергетичного засобу;

V_p – робоча швидкість агрегату для скошування трав, м/с.

Визначаємо робочу швидкість агрегату для скошування трав, скориставшись формулою

$$V_p = V_m \cdot (1 - \delta), \quad (2.3)$$

де δ – коефіцієнт буксування.

$$V_p = 12,3 (1 - 0,1) = 11,07 \text{ км/год.} = 3,08 \text{ м/с.}$$

$$R_{\text{вен}} = \frac{17,0 \cdot 0,85}{3,08 \cdot 0,96} = 4,89 \text{ кН.}$$

Опір косарки:

$$R_m = n \cdot B_p \cdot k, \quad (2.4)$$

де n – можлива кількість косарок в агрегаті;

B_p – робоча ширина захвату косарки, м;

k – питомий опір машини, кН/м, $k = 1,3$ кН/м [17].

$$R_m = 1 \cdot 2,1 \cdot 1,3 = 2,73 \text{ кН.}$$

Згідно з формули (2.1) маємо:

$$R_{\text{агр}} = 4,89 + 2,73 = 7,62 \text{ кН.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання гакового зусилля енергетичного засобу, скориставшись формулою

$$\eta = \frac{R_{\text{агр}}}{P_e}; \quad (2.5)$$

$$\eta = \frac{7,62}{9,5} = 0,81.$$

Визначаємо коефіцієнт використання потужності енергетичного засобу:

$$\eta_n = \frac{N_{\text{вен}} + N_{\text{зак}}}{N_e}; \quad (2.6)$$

де $N_{\text{зак}}$, N_e – гакова й ефективна потужності двигуна, кВт.

Гакова потужність:

$$N_{\text{зак}} = V_p \cdot R_{\text{агр}}; \quad (2.7)$$

$$N_{\text{зак}} = 3,08 \cdot 7,62 = 23,47 \text{ кВт.}$$

$$\eta_n = \frac{17,0 + 23,47}{72,2} = 0,56.$$

Скомплектований агрегат для скошування трав готуємо до роботи у відповідності з картою технологічної наладки.

Одночасно із підготовкою агрегату готуємо також і поле до роботи.

Для цього передовсім облаштовують під'їзні дороги, усувають різноманітні перешкоди у вигляді поламаних дерев, гілок, засипають ями на дорогах та канави обабіч поля, що можуть перешкоджати руху МТА для скошування трав.

Розбиваємо поле на заїмки роблячи на ньому прокоси для руху МТА та обкошуємо поворотні смуги.

Для ефективного використання МТА для скошування трав безпосередньо на полі і в заїнках визначаємо його кінематичні параметри.

Мінімальна ширина поворотної смуги визначається з умови

$$E_{\min} = 0,9 \cdot R + L_{\kappa} + D_{\kappa}; \quad (2.8)$$

де: R – радіус повороту МТА для скошування трав, м;

L_{κ} – кінематична довжина агрегату для скошування трав, м;

D_{κ} – кінематична ширина захвату агрегату для скошування трав, м.

Радіус повороту МТА для скошування трав:

$$R = 0,9 \cdot B_p, \quad (2.9)$$

$$R = 0,9 \cdot 2,1 = 1,89 \text{ м.}$$

Визначаємо кінематичну довжину агрегату для скошування трав:

$$L_{\kappa} = L_{mp} + L_m \quad (2.10)$$

де L_{mp} , L_m – кінематична довжина трактора та косарки, м,

$$L_{\kappa} = 1,4 + 1,6 = 3,0 \text{ м.}$$

Визначаємо кінематичну ширину агрегату для скошування трав:

$$D_{\kappa} = \frac{B_p}{2}; \quad (2.11)$$

$$D_{\kappa} = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ м.}$$

Підставляємо отримані значення у формулу (2.8)

$$E_{\min} = 0,9 \cdot 1,89 + 3,0 + 1,05 = 5,75 \text{ м.}$$

Встановлюємо кратність ходів агрегату для скошування трав на поворотних смугах:

$$Z = \frac{E_{\min}}{2B_p}, \quad (2.12)$$

$$Z = \frac{5,75}{2 \cdot 2,01} = 1,37, \text{ приймаємо } Z = 2.$$

$$\text{Тоді } E_{\phi} = 2 \cdot B_z \cdot Z = 2 \cdot 2,1 \cdot 2 = 8,2 \text{ м.}$$

Довжину холостого ходу агрегату для скошування трав визначаємо за формулою

$$L_x = 4R_0 + 2e + c, \quad (2.13)$$

де e – довжина виїзду агрегату для скошування трав, м;

$$e = 0,5 \cdot L_k, \quad (2.14)$$

$$e = 0,5 \cdot 3,0 = 1,5 \text{ м.}$$

c – середня довжина холостих переїздів МТА для скошування трав, м.

Тоді:

$$L_x = 4 \cdot 1,89 + 3,4 + 1,5 = 43 \text{ м.}$$

Визначаємо кінематичні параметри загінки.

- робоча довжина загінки на полі, довжиною L :

$$L_p = L - 2E_{\phi}, \quad (2.15)$$

$$L_p = 300 - 2 \cdot 8,2 = 283,6 \text{ м.}$$

- чистий час роботи МТА для скошування трав у загінці:

$$T_p = \varphi (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (2.16)$$

де $T_{зм}$, $T_{зуп}$ – тривалість зміни та час зупинок МТА для скошування трав з працюючим двигуном, год.,

φ – коефіцієнт робочих ходів.

$$T_{зуп} = (0,1 \cdot T_{зм}) = (0,1 \cdot 7) = 0,7 \text{ год.}$$

- коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p \cdot N_p}{L_p \cdot N_p + L_x \cdot N_x}, \quad (2.17)$$

де N_p , N_x – відповідно кількість робочих і холостих ходів.

$$N_p = C / B_z ; \quad (2.18)$$

де C – ширина поля (загінки), м.

$$N_p = 200 / 2,1 = 95.$$

$$N_x = (C / B_z) - 1 , \quad (2.19)$$

$$N_x = (200 / 2,1) - 1 = 94 .$$

Тоді:

$$\varphi = \frac{283,6 \cdot 95}{283,6 \cdot 95 + 43 \cdot 94} = 0,85.$$

Згідно формули (2.16)

$$T_p = 0,85 (7 - 0,7) = 5,35 \text{ год.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} , \quad (2.20)$$

$$\tau = \frac{5,35}{7} = 0,76.$$

Визначаємо змінну продуктивність МТА для скошування трав:

$$W_{зм} = 0,1 B_p V_p \tau T_{зм} , \quad (2.21)$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,1 \cdot 11,07 \cdot 0,76 \cdot 7 = 12,43 \text{ га/зм.}$$

Годинна продуктивність МТА для скошування трав:

$$W_z = 0,1 B_p V_p \tau , \quad (2.22)$$

$$W_z = 0,1 \cdot 2,1 \cdot 11,07 \cdot 0,76 = 1,78 \text{ га/год.}$$

Затрати праці на одиницю роботи МТА для скошування трав:

$$Z_{np} = \frac{m_{осн} \cdot T_{осн} + m_{доп} T_{доп}}{W_{зм}} , \quad (2.23)$$

де $m_{осн}$, $m_{доп}$ – кількість основних і допоміжних працівників,

$T_{осн}$, $T_{доп}$ – час роботи основних і допоміжних працівників, год.

$$Z_{np} = \frac{1 \cdot 7}{12,43} = 0,56 \text{ люд. \cdot год / га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати на роботу МТА для скошування трав:

$$B_e = Z_{zn} + Z_{ам} + Z_{рто} + Z_{нал} + Z_{зб}, \quad (2.24)$$

де $Z_{зп}$ – затрати на зарплату, грн/га;
 $Z_{ам}$ – амортизаційні відрахування, грн/га;
 $Z_{рто}$ – відрахування на ремонт і ТО, грн/га;
 $Z_{нал}$ – грошові затрати на ПММ, грн/га;
 $Z_{зб}$ – затрати на зберігання, грн/га.

Сума затрат на зарплату становить:

$$Z_{зп} = \frac{n_{мех} П_{мех} + n_{доп} П_{доп}}{W_{год}}, \quad (2.25)$$

де $П_{мех}$, $П_{доп}$ – погодинна оплата праці, відповідно, механізаторів і допоміжних працівників, грн./год.

$$Z_{зп} = \frac{1 \cdot 110,0}{1,78} = 61,80 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на амортизацію, ремонт і технічне обслуговування здійснюються від балансової вартості (B , грн.) основних засобів.

Балансову вартість трактора та косарки визначаємо із залежності

$$B = Ц + (0,07 \dots 0,2) \cdot Ц, \quad (2.26)$$

для трактора: $720000 + 0,1 \cdot 720000 = 792000$ грн.,

для косарки: $154000 + 0,1 \cdot 154000 = 169400$ грн.

Сума амортизаційних відрахувань для всіх елементів МТА:

$$Z_{ам} = \frac{B_{тр} \alpha_{рентр}}{100 W_e t_{трф}} + \frac{n_m B_m \alpha_{рем}}{100 W_e t_{мф}}, \quad (2.27)$$

де $B_{тр}$, B_m – балансова вартість трактора та косарки, грн.;

$\alpha_{рентр}$, $\alpha_{рем}$ – коефіцієнт відрахувань на амортизацію трактора та косарки, %;

$t_{трф}$, $t_{мф}$ – тривалість фактичного річного використання трактора та косарки, год.

$$Z_{ам} = \frac{792000 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,78 \cdot 1800} + \frac{169400 \cdot 14}{100 \cdot 1,78 \cdot 100} = 134,03 \text{ грн./га.}$$

Сума відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора і косарки:

$$Z_{рто} = \frac{B_{тр} (\alpha_{кртр} + \alpha_{ртопр})}{100 W_e t_{пртр}} + \frac{n_m B_m \alpha_{ртом}}{100 W_e t_{прм}}, \quad (2.28)$$

де $\alpha_{кртр}$ – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

$\alpha_{ртамр}$, $\alpha_{ртом}$ – норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування трактора і косарки, %;

$t_{нртр}$, $t_{нрм}$ – нормативне річне завантаження трактора і косарки, год.

$$Z_{пто} = \frac{792000 \cdot (4 + 22)}{100 \cdot 1,78 \cdot 1800} + \frac{169400 \cdot 17}{100 \cdot 1,78 \cdot 100} = 202,06 \text{ грн./га.}$$

Затрати на паливно-мастильні матеріали:

$$Z_{нм} = Q C_k, \quad (2.29)$$

де C_k – комплексна ціна нафтопродуктів, грн./кг,

Q – максимальна експлуатаційна витрата палива, кг/га,

$$Q = \frac{G_{зм}}{W_{зм}} = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_3 T_3}{0,1 B_p V_p T_{зм} \tau}, \quad (2.30)$$

де $G_{зм}$ – змінна витрата палива, кг/зм;

G_p , G_x , G_3 – годинна витрата палива двигуном трактора при повному навантаженні, на холостому ходу та на зупинках, кг/год;

T_p , T_x , T_3 – час роботи агрегату при повному навантаженні двигуна трактора, на його холостому ходу та на зупинках, год.

$$Q = \frac{20 \cdot 5,35 + 13,5 \cdot 0,95 + 1,7 \cdot 0,7}{12,43} = 9,76 \text{ кг/га.}$$

Тоді згідно формули (2.29) будемо мати

$$Z_{нм} = 9,76 \cdot 50,0 = 488,0 \text{ грн/га.}$$

Затрати на зберігання всіх елементів МТА для скошування трав:

$$Z_{зб} = 0,065 Z_{пто}, \quad (2.31)$$

$$Z_{зб} = 0,065 \cdot 202,06 = 13,13 \text{ грн./га.}$$

Тоді, згідно формули (2.24) отримаємо

$$B_e = 61,80 + 134,03 + 202,06 + 488,0 + 13,13 = 899,02 \text{ грн/га.}$$

Отже, прямі питомі експлуатаційні затрати на скошування трав роторною косаркою становлять 954,42 грн/га.

2.4 Технологічна наладка агрегату для скошування трав

Під час технологічної наладки візуально перевіряють комплектність, справність, наявність всіх агрегатів, робочих вузлів, частин і деталей енергетичного засобу та косарки.

Під час підготовки трактора розставляють колеса передніх і задніх мостів на ширину колії 1800 мм та приєднують вал телескопічного привода ротаційної косарки до його ВВП.

Під час перевірки технічного стану косарки контролюють наявність масла в картері різального апарата і, при необхідності, дозаправляють. Рівень масла повинен бути 15–18 мм від дна картера при його горизонтальному положенні (заміряти через заливну горловину). Перевіряють технічний стан різального апарату та пристосування для додаткового плющення стебел конюшини. Впевнитись у справності механізму зрівноваження та переведення косарки у робоче і транспортне положення.

У разі необхідності відрегулювати натяг приводних натяг клинових пасів (прогин кожного паса повинен становити 14–16 мм при зусиллі на його середині 30–40 Н); запобіжну муфту приводного шківів на передачу крутного моменту 350–400 Нм. Перевіряють взаємне розміщення робочих органів і за необхідності регулюють їх [1, 11].

На другому етапі проводять безпосереднє регулювання робочих органів косарки. Регулювання натягу клинових пасів (пружина натяжного пристрою повинна бути стиснута до повного стику її витків) проводиться, якщо зазор між витками збільшиться до 3 мм, положення ведучого шківів відносно веденого (торцеві поверхні шківів повинні знаходитись в одній площині, розбіжність допускається до 3 мм) відрегулювати перестановкою шайб на осі підвіски корпусу підшипників вала ведучого шківів; конічне зачеплення редуктора різального апарата (боковий зазор у зачепленні повинен бути не менше 0,13 і не більше 0,55 мм) відрегулювати підкручуванням гайки кріплення веденого шківів на валу або зміною прокладок на цьому валу) [11].

Регулювання тягового запобіжника (запобіжник повинен спрацьовувати при зусиллі 3 кН, прикладеному посередині різального апарата) проводять стисканням пружини фіксаторів.

Регулювання башмаків. Силу тиску на ґрунт зовнішнього башмака встановити 100–300 Н натяжним пристроєм верхніх пружин механізму зрівноваження, а внутрішнього – за допомогою нижніх пружин у межах 270–700 Н [11].

Регулювання різального апарата. Встановити кут похилу різального апарата (не більше 7°) за ходом агрегату зміною довжини центральної тяги начіпної системи трактора. При цьому висота зрізування дещо зменшується і поліпшуються умови для скошування полеглого і переплутаного травостою. При прямостоячому травостої і висоті зрізування 60 мм різальний апарат встановити паралельно поверхні майданчика (поля).

Перед виїздом в поле перевіряють наявність і за необхідності доливають оливи в редуктор і картер різального апарату косарки, проводять мащення підшипників. Включають двигун і на холостих обертах перевіряють роботу косарки.

Перевірка роботи машини у полі. Проїхати агрегатом 10–20 м і перевірити роботу машини і якість формування розпушеного валка. Скоригувати висоту різання так, щоб забезпечувалось оптимальне зрізування трави на висоту 5-7 см. Добитись, щоб висота валка і його ширина відповідали урожайності трави.

Висновки

1. Змінна продуктивність агрегату для скошування трав з одночасним їх розпушуванням становить 12,43 га/зм.
2. Сума прямих питомих експлуатаційних затрат на одиницю роботи косарки становить 954,42 грн/га.
3. Під час скошування трав роторною косаркою затрати праці складають 0,56 люд·год/га.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ РОТАЦІЙНОЇ КОСАРКИ

3.1 Обґрунтування конструктивної розробки

Під час заготівлі пресованого сіна з бобових трав можливі значні втрати врожаю через відсутність належних природних умов для рівномірного просихання стебел та листочків окремих рослин. Оскільки стебло трубчасте і міцне, волога зберігається в ньому довше. За цей час їх листочки надмірно пересихають, стають ламкими і під час ворущіння покосів та згрібання у валки обламуються. Саме тому потрібно створити умови для якісного сушіння трав, забезпечивши при цьому збереження в них поживних речовин. Один із шляхів підвищення ефективності заготівлі кормів з бобових трав – якнайшвидше видалення з них.

Цього можна досягти завдяки удосконаленню ротаційної косарки, обладнавши її додатковим пристроєм для плющення рослин по всій їх довжині під час скошування. Це дозволить не тільки підвищити якість отриманого сіна, але й розширити технологічні можливості косарки, яку можна використовувати як з плющильним апаратом, так і без нього.

Розроблене пристосування (див. арк. 3 та 4 графічної частини) – це вал, що обертається на якому закріплені підпружинені пальці. Вал встановлений у підшипникових опорах рами, змонтованої над різальним брусом косарки. Його привід здійснюється пасовою передачею від центрального та додаткового конічного редуктора.

Для запропонованої конструкції обладнання пропонується використати пустотілий сталевий валець, діаметром якого не менше 180 мм. На ньому монтуються пружинні пальці довжиною 200-250 мм. Для забезпечення укладання плющеної пристосуванням трави на стерню у зрихленому (розпушеному) вигляді потрібно щоб кутова швидкість вала була в 3,5-4 рази більшою за поступальну швидкість переміщення косарки під час скошування трав.

Під час роботи скошені ножами роторів рослини рівномірним потоком направляються в зазор між валом, що обертається, захоплюються пружинними пальцями і скеровуються в утворений обмежувальним щитком зазор. Рослинна маса

ущільнюється, а пружні пальці загинаються в протилежний від напрямку обертання вала бік. Після виходу трави із зони ущільнення пальці пружиняють, розтягують трав'яну масу, яка, набравши прискорення, укладається на скошену стерню в розпушеному вигляді за шириною покосу або валок.

3.2 Розрахунок запропонованого удосконалення

3.2.1 Розрахунок режимів роботи удосконаленої косарки

Мета розрахунку – визначити основні кінематичні параметри роботи плющильного апарату та механізму розпушування ущільненої маси.

Визначаємо кутову швидкість вала (вальця), виходячи з умови [5, 16] :

$$u_b = \frac{m_c}{h_2 \cdot l \cdot \varepsilon \cdot \eta \cdot \rho}, \quad (3.1)$$

де m_c – секундна подача рослин, кг / с;

h_2 – зазор між валом і обмежувальним щитком, м;

ε – коефіцієнт використання робочої щілини обладнання для плющення рослин; $\varepsilon = 0,8-0,85$ [16]

l – довжина плющильного вала, м;

η – коефіцієнт ковзання рослин по валу і щитку; $\eta = 0,8-0,9$;

ρ – максимальна щільність трави, кг/м³.

Секундну подачу трави до зони плющення визначаємо, виходячи з урожайності конюшини, тобто

$$m_c = B_p \cdot V_p \cdot Y \cdot \gamma, \quad (3.2)$$

де B_p – робоча ширина захвату косарки, м ;

V_p – робоча швидкість косарки, м/с ;

Y – урожайність конюшини, кг/м² ; приймаємо $Y = 3.0$ кг/м²,

γ – коефіцієнт використання ширини захвату косарки.

$$m_c = 2,0 \cdot 3,1 \cdot 3,0 \cdot 0,94 = 19,14 \text{ кг/с.}$$

Визначаємо зазор між плющильним валом і обмежувальним кожухом

$$h_2 \geq h_1 - D(1 - \cos \varphi) \quad (3.3)$$

де h_1 - товщина шару рослин на вході в зазор між валом і кожухом, м;

D - діаметр вала, м;

φ - кут тертя рослин по валу.

$$h_2 \geq 0,14 - 0,2(1 - \cos 38^\circ) = 0,088 \text{ м.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.1) будемо мати

$$u_b = \frac{19,14}{0,088 \cdot 1,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 86} = 2,1 \text{ м/с.}$$

Враховуючи, що трава буде укладатися у валок шириною 1,2 м, то відбуватиметься звуження її потоку й зростання швидкості руху. Крім того, урожайність самої трави є також впливовим чинником на вибір режиму роботи плющильного апарату, тому для зурожайності до 400 ц/га та ширині валка 2,1 м отримаємо:

$$u_b = \frac{23,69}{0,088 \cdot 2,1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 86} = 4,6 \text{ м/с.}$$

Для цих умов визначаємо кутову швидкість плющильного вал за формулою

$$\omega = \frac{u_b}{R}, \quad (3.4)$$

$$\omega = 4,6 / 0,10 = 46,0 \text{ с}^{-1}.$$

Знаходимо частоту обертання плющильного вала за формулою

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad (3.5)$$

$$n = \frac{30 \cdot 46,0}{3,14} = 439,49 \text{ об/хв.}$$

Отримані конструктивні параметри вала забезпечать захоплення стебел трави і їх ущільнення в зазорі пристрою до ротаційної косарки.

3.2.2 Розрахунок сил, що діють у плющильному вузлі

Основними зовнішніми силовими факторами, які визначають міцність деталей пристрою є зусилля деформації плющення стебла і сила тертя стебла об вал (рисунок 3.2).

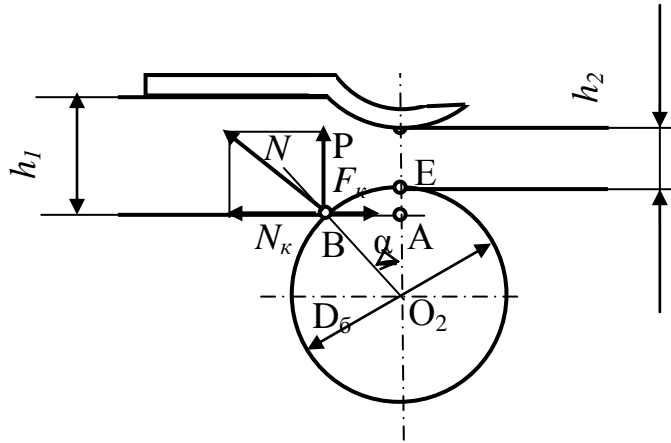


Рисунок 3.2 Схема сил, які діють в плющильному апараті

Вважаючи матеріал вальця й фартуха однаковим, з рисунка видно, що в момент зтягування стебел у зазор виникає сила тертя, яка направлена вздовж лінії зтягування та нормальна сила, що протидіє зтягуванню. Від їх співвідношення залежить працездатність вузла – чим вищою буде нормальна складова, тим погіршується умова зтягування рослин у плющильний зазор.

Сила тертя між поверхнею вальця і соломкою, яка забезпечує умову зтягування стрічки в зазор між вальцями визначається за формулою:

$$F_x = F \cdot \cos \alpha = f \cdot N \cdot \cos \alpha. \quad (3.6)$$

З трикутника AO_2B кут α становить:

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{h_1 - h_2}{D_\delta}\right), \quad (3.7)$$

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{0,14 - 0,088}{0,2}\right) = 19,1^\circ.$$

Нормальна сила, що діє в місті взаємодії вальця з шаром трави:

$$N = \frac{P}{\cos \alpha}; \quad (3.8)$$

$$N = \frac{5200}{\cos 19,1^\circ} = 5531,9 \text{ Н.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.6) отримаємо:

$$F_x = 0,4 \cdot 5531,9 \cdot \cos 19,1^\circ = 2090,9 \text{ Н.}$$

Таким чином, під час затягування стебел у зазор між плющильним валом і кожухом на них діє сила тертя 2090,9 Н.

3.2.3 Попередній розрахунок діаметра плющильного вала

Виходячи з умов роботи косарки і додаткового плющильного апарату зокрема визначаємо матеріал для виготовлення вала, маючи на увазі, який використовувати вал – суцільний чи трубчастий.

Для цього визначаємо крутні моменти, які можуть передавати вали.

Для суцільного вала [6, 15]

$$M_k = 0.2 \cdot d^2 [\tau] \quad (3.9)$$

а для трубчастого

$$M_k = 0.2 \cdot D^3 \cdot (1 - \alpha^4) [\tau], \quad (3.10)$$

де α - відношення внутрішнього діаметра трубчастого вала до зовнішнього.

$[\tau]$ - допустиме напруження кручення, МПа.

$$\alpha = \frac{d}{D} = 0.82.$$

Якщо прийняти рівним допустиме напруження $[\tau]$, то площа поперечного перерізу суцільного вала

$$F_c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.11)$$

$$F_c = \frac{3.14 \cdot 46^2}{4} = 1661.06 \text{ мм}^2.$$

Площа поперечного перерізу трубчастого вала

$$F_{mp} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} (1 - \alpha^2) \quad (3.12)$$

$$F_{mp} = \frac{3.14 \cdot 56^2}{4} (1 - 0.82^2) = 555 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, отримаємо відношення поперечних перерізів для визначення оптимального матеріалу для вала при $\alpha = 0.82$, а саме

$$\frac{F_c}{F_{np}} = \frac{1660.6}{555} = 2.99.$$

Таким чином, отримане відношення показує, що доцільно вибрати трубчастий вал з вищенаведеними перерізами. Для забезпечення передачі крутного моменту і закріплення вала у підшипникових опорах до кінців труби приварюємо хвостовики (цапфи).

3.2.4 Розрахунок пасової передачі

Мета розрахунку – визначити основні конструктивні параметри пасової передачі для приводу плющильного апарату. Привідний шків монтуємо на валу центрального редуктора косарки.

Розрахунок проводимо згідно методики [6] і користуючись рисунком 3.3.

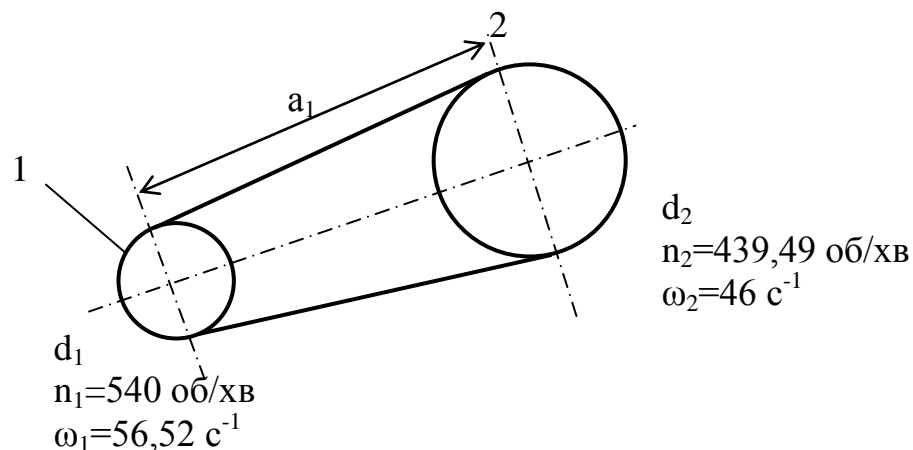


Рисунок 3.3 Схема для розрахунку параметрів пасової передачі

Згідно схеми (рис. 3.3) крутний момент від ведучого шківа 1 передається до веденого шківа 2 через проміжний шків 2. Передаточне відношення $i = 1,23$. З попередніх розрахунків відомо, що $\omega_2 = 46$ с⁻¹, $n_2 = 439.49$ об/хв. Шків привідний встановлений на вихідному кінці вала редуктора косарки і має наступні параметри $n = 540$ об/хв.; $\omega = 56.52$ с⁻¹.

Потужність приводу плющильних вальців (шків 2) становить 2,5 кВт і враховує передачу на холостому ході з подоланням тертя в опорах кочення та роботу, пов'язану з дією на рослини.

Визначаємо крутний момент

$$T = \frac{P}{\omega_1}, \quad (3.13)$$

де P - потужність приводу, Вт

$$T = \frac{2.5 \cdot 10^3}{56.52} = 44,23 \text{ Н м.}$$

Діаметр меншого шківів:

$$d_1 \approx (3 \div 4) \sqrt[3]{T}, \quad (3.14)$$

$$d_1 \approx (3 \div 4) \sqrt[3]{44.23 \cdot 10^3} \approx 106 \div 142 \text{ мм}$$

Згідно [6] вибираємо профіль паса А і діаметр $d_1 = 125$ мм.

Діаметр більшого шківів:

$$d_2 = i \cdot d_1 \cdot (1 - \varepsilon) \quad (3.15)$$

де ε - ковзання паса; $\varepsilon = 0.015$ [1],

$$d_2 = 1.8 \cdot 125 \cdot (1 - 0.015) = 184.7 \text{ мм,}$$

приймаємо $d_2 = 180$ мм.

Уточнюємо передаточне відношення за формулою

$$i_p = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = 1.46$$

В цьому випадку кутова швидкість вала 2 становитиме:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_p} \quad (3.16)$$

$$\omega_2 = \frac{56.52}{1.46} = 38.71 \text{ с}^{-1}.$$

Приймаємо остаточно діаметри шківів $d_1 = 125$ мм, $d_2 = 180$ мм.

Визначаємо міжосьову відстань між шківівими в межах:

$$a_{min} = 0.55 \cdot (d_1 + d_2) + T_0, \quad (3.17)$$

$$a_{max} = d_1 + d_2 \quad (3.18)$$

де T_0 - висота перерізу профілю паса, мм. Згідно [6] $T_0 = 8$ мм.

$$a_{1min} = 0.55 \cdot (125 + 180) + 8 = 175.75 \text{ мм}$$

$$a_{1max} = 125 + 180 = 305 \text{ мм}$$

$$a_{2min} = 0.55(180 + 224) + 8 = 230.2 \text{ мм}$$

$$a_{2max} = 180 + 224 = 404 \text{ мм.}$$

Приймаємо попередньо довжину, відповідно $a_1 = 400$ мм.

Визначаємо довжину паса за формулою

$$L = 2a + 0.5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \quad (3.19)$$

$$L_1 = 2 \cdot 400 + 0.5 \cdot 3.14 \cdot (125 + 180) + \frac{(180 - 125)^2}{4 \cdot 400} = 1280.74 \text{ мм,}$$

Приймаємо найближче стандартне значення $L_1 = 1400$ мм.

Уточнюємо значення міжосьової відстані, враховуючи стандартну довжину

L :

$$a_1 = 0.25 \cdot \left[(L - \omega) + \sqrt{(L - \omega)^2 - 2Y} \right], \quad (3.20)$$

$$\text{де} \quad \omega = 0.5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) \quad (3.21)$$

$$Y = (d_2 - d_1)^2 \quad (3.22)$$

$$\omega_1 = 0.5 \cdot 3.14 \cdot (125 + 180) = 478.85 \text{ мм,}$$

$$Y_1 = (180 - 125)^2 = 3025 \text{ мм,}$$

$$a_1 = 0.25 \left[(1400 - 478.85) + \sqrt{(1400 - 478.85)^2 - 2 \cdot 3025} \right] = 460 \text{ мм.}$$

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

Кут охоплення меншого шківа:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \frac{d_2 - d_1}{a} \quad (3.23)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \frac{180 - 125}{460} = 173^\circ;$$

Кількість пасів у передачі:

$$Z = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}, \quad (3.24)$$

- де P_0 - потужність, що передається одним пасом, кВт;
 C_L - коефіцієнт, що враховує довжину паса, $C_L = 0.98$
 C_α - коефіцієнт, що враховує кут охоплення шківа, $C_\alpha = 0.98$;
 C_Z - коефіцієнт, що враховує кількість пасів у передачі, $C_Z = 0.95$
 C_p - коефіцієнт, що враховує умови експлуатації, $C_p = 1.0$

Для шківів 1-2 :

$$Z = \frac{2.5 \cdot 1.0}{0.98 \cdot 0.98 \cdot 0.95 \cdot 2.4} = 1.14$$

Приймаємо $Z = 2$.

Натяг вітки клинового паса :

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{Z \cdot V \cdot C_\alpha} + \theta \cdot V^2 \quad (3.25)$$

де V - швидкість паса, м/с

θ - коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил, $\theta = 0.18 \frac{H \cdot c^2}{M^2}$

$$V = 0.5 \cdot \omega_1 \cdot d_1 \quad (3.26)$$

$$V = 0.5 \cdot 56.52 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3.53 \text{ м/с}$$

Тоді $F_0 = \frac{850 \cdot 2.5 \cdot 1.0 \cdot 0.98}{2 \cdot 3.53 \cdot 0.98} = 301.0 \text{ Н}$

Тиск на вали:

$$F_b = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (3.27)$$

$$F_b = 2 \cdot 301.0 \cdot 2 \cdot \sin \frac{173}{2} = 1196.96 \text{ Н}$$

Ширина шківів :

$$B_w = (Z - 1) \cdot e + 2 \cdot f \quad (3.28)$$

де f - відстань від торця шківа до середини канавки, мм ; $f = 10$ мм;

e - крок канавок, мм; $e = 15.0$ мм;

$$B_w = (2 - 1) \cdot 15.0 + 2 \cdot 10 = 35 \text{ мм.}$$

Таким чином для приводу плющильного апарату необхідно встановити пасову передачу з пасом профілю А та двома приводними пасами.

3.2.5 Перевірочний розрахунок цапфи плющильного вала

Мета розрахунку – визначити напруження згину та кручення і запас міцності за цими напруженостями в найбільш небезпечному перерізі. Найбільш небезпечним перерізом є підшипникова опора зі сторони встановлення приводного шківів пасової передачі.

Визначаємо напруження згину за формулою

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W_3}, \quad (3.29)$$

де W_3 - момент опору згину в перерізі, мм^3

$$W_3 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (3.30)$$

$$W_3 = \frac{3.14 \cdot 30^3}{32} = 6280 \text{ мм}^3.$$

Тоді
$$\sigma_{зг} = \frac{44.23 \cdot 10^3}{6280} = 7.04 \text{ Н /мм}^2.$$

Напруження кручення визначають за формулою

$$\tau_{кр} = \frac{M}{W_{кр}} \quad (3.31)$$

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

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (3.32)$$

$$W_{кр} = \frac{3.14 \cdot 30^3}{16} = 12560 \text{ мм}^3.$$

Тоді
$$\tau = \frac{44.23 \cdot 10^3}{12560} = 3.52 \text{ Н /мм}^2.$$

Запас міцності за напруженнями згину

$$\eta_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_{зг}} \quad (3.33)$$

де σ'_T - межа виносливості при симетричному циклі згину, Н /мм².

$$\sigma'_T = \sigma_T \cdot \varepsilon_T, \quad (3.34)$$

де ε_T - масштабний коефіцієнт для нормальних напружень, $\varepsilon_T = 0.8$ [6].

$$\sigma'_T = 280 \cdot 0.8 = 224 \text{ Н /мм}^2$$

$$\eta_\sigma = \frac{224}{7.04} = 31.82$$

Запас міцності за напруженнями кручення

$$\eta_\tau = \frac{\tau'_{KP}}{\tau} \quad (3.35)$$

де τ'_{KP} - межа виносливості при симетричному циклі кручення, Н /мм².

$$\tau'_{KP} = \tau_1 \cdot \varepsilon_T, \quad (3.36)$$

$$\tau'_{KP} = 150 \cdot 0.8 = 120 \text{ Н /мм}^2$$

$$\eta_\tau = \frac{120}{3.52} = 34.09 \text{ Н /мм}^2$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності за формулою

$$S = \frac{\eta_\sigma \cdot \eta_\tau}{\sqrt{\eta_\sigma^2 + \eta_\tau^2}}, \quad (3.37)$$

$$S = \frac{31.82 \cdot 34.09}{\sqrt{31.82^2 + 34.09^2}} = 23.28 > [S].$$

Таким чином, умова міцності забезпечена, оскільки для нормальної роботи $[S] = 1.5 \div 1.7$. Враховуючи умови жорсткості рекомендується $[S] = 2.5 \div 3.0$.

Отримане значення відповідає цим умовам.

Висновки

1. Діаметр вальця плющильного апарату становить 0,2 м.
2. Для приводу плющильного апарату необхідно вибрати пасову передачу з наступними діаметрами шків: ведучий $d_1 = 125$ мм, ведений – $d_2 = 180$ мм.
3. Діаметр цапфи вальця плющильного апарату становить 30 м.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Окреслення чинників можливих травм та аварій під час скошування трав

Скошування трав з одночасним плющенням виконується трактором Беларусь-982 і начіпною сільськогосподарською машиною КРС-2, робочі органи якої приводяться в рух від ВВП даного енергетичного засобу.

Серед основних можливих чинників отримання трав та виникнення аварій необхідно виділити постійно небезпечні зони (рисунок 4.1).

Особливо небезпечною є зона спереду косарки, (заштрихована ділянка А), де розміщені ротаційні диски з шарнірно закріпленими ножами. Робочі органи 2 складаються з дисків і шарнірно закріплених на них ножів. Обертаючись з великою швидкістю ножі вдаряють по траві і зрізають її. Знаходиться в зоні дії різального апарату небезпечно оскільки внаслідок поломки ножі можуть відриватися і травмувати людину.

Для запобігання поломок різального апарату під час натрапляння на перешкоду спрацьовує запобіжний механізм 1, внаслідок чого різальний апарат відводиться в сторону. У цьому випадку необхідно відразу зупинити агрегат і привести різальний апарат у вихідне положення.

Наступним травмонебезпечним місцем є обертові вузли пасових передач 5 і 7, особливо при відсутності захисних кожухів. Під час роботи необхідно постійно слідкувати за натягом пасів і не допускати їх послаблення, відшарування шпагату, попадання на них мастил. Ланцюгову передачу необхідно періодично змащувати та слідкувати за натягом ланцюга.

Переведення робочих органів косарки у робоче і транспортне положенні забезпечує механізм зрівноваження 6 – блок регульованих пружин, які уможливають відповідний тиск башмаків на ґрунт. Для здійснення такої операції використовується гідроциліндр, що теж становить певну небезпеку. В цій зоні можуть виникати небезпеки травматизму якщо виконувати будь-які регульовальні, ремонтні роботи без надійних підставок.

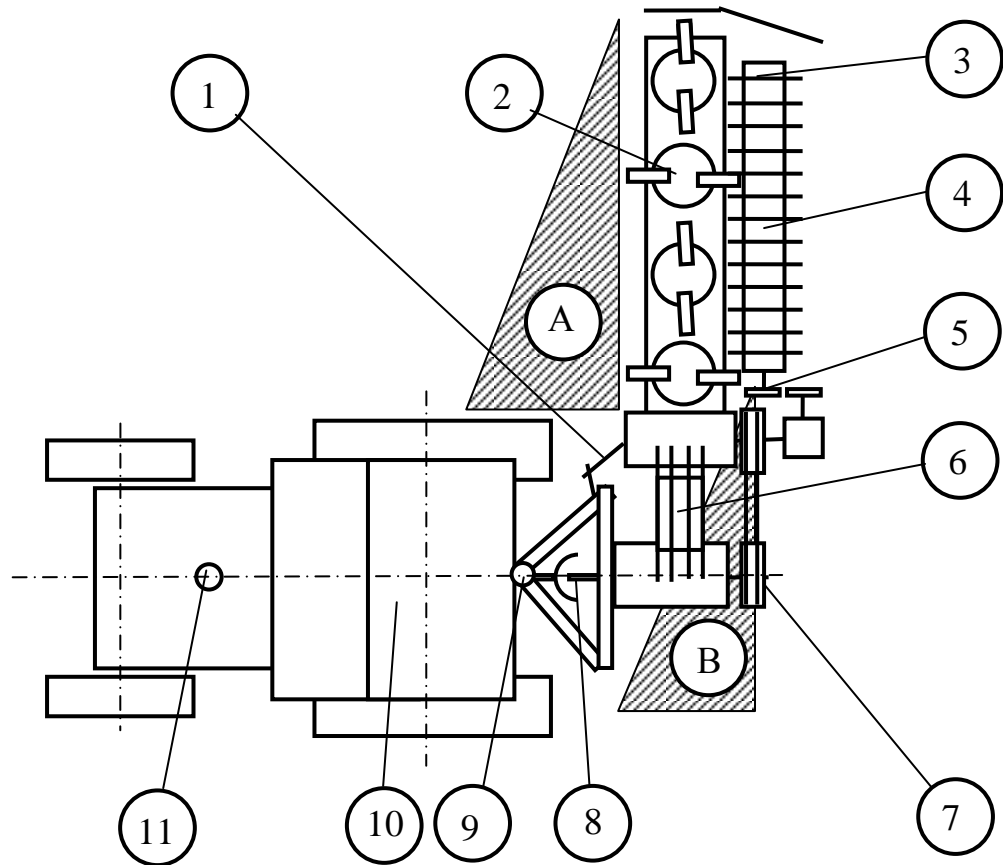


Рисунок 4.1 Схема розміщення постійних травмонебезпечних зон на агрегаті для скошування трав з одночасним плющенням:

1 – запобіжний механізм; 2 – різальні апарати; 3 – пружинні пальці; 4 – плющильний валець; 5 та 7 – пасові передачі; 6 – механізм зрівноваження; 8 – карданна передача; 9 – місце приєднання косарки до трактора; 10 – кабіна енергетичного засобу; 11 – відпрацьовані гази.

При неправильному регулюванні даного механізму можливий надмірний тиск башмаків на ґрунт та пошкодження робочих органів косарки. Саме тому заштрихована ділянка Б вважається також небезпечним місцем за сукупністю виникнення можливих травм. Перебувати в цій зоні необхідно на відстані витягнутої руки від обертових деталей.

Додаткове обладнання косарки у вигляді плющильного вальця 4 становить певну небезпеку, якщо знаходитися поблизу у незаправленому одязі або намагатися проштовхувати рослини у зазор між вальцем і кожухом руками чи сторонніми предметами. Категорично забороняється виконувати будь-які регулювання,

усунення неполадок чи звільнення вальців від рослинних решток на косарці без повного відключення ВВП і вимкнення двигуна трактора.

Крутний момент на робочі органи косарки передається карданною 8 передачею. Ця зона є травмонебезпечною, якщо обертові вузли чи деталі не будуть закриті кожухами.

Місце приєднання косарки до трактора 9 і робоче місце механізатора 10 розглядаються також як елементи, в яких при певних умовах можуть виникати поломки чи пошкодження, що призведе до аварій. Так енергетичний засіб повинен рухатися з певною швидкістю, особливо на поворотах та при роботі на схилах. Кабіна трактора теж вимагає до себе уваги, оскільки в ній повинен забезпечуватися певний мікроклімат, відсутність відпрацьованих газів 11, освітленість робочого місця. При відсутності даних вимог механізатор може зазнати травм, пошкоджень або захворюти.

4.2 Розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій

При скошуванні трави з одночасним її плющенням можуть виникати чисельні аварійні та травмонебезпечні ситуації. Тому необхідно чітко визначити небезпечні умови і вживати заходів для їх усунення.

Косарка ротаційна з різальним апаратом роторного типу працює на підвищених швидкостях. Тому проаналізуємо можливість виникнення аварій внаслідок використання трактора зі спрацьованими понад норму ґрунтозачепами на шинах (НУ1), експлуатації трактора без гальм (НУ2) за послідовного перевищення швидкості руху (НД1) і терміновому різкому гальмуванні (НД2). Такі умови можуть спричинити занос трактора (НС1), а при наявності на полі заглиблення (НУ3) станеться перекидання трактора (НС2). Схема процесу формування і виникнення аварій (А) та травм (Т) (рисунок 4.2) буде мати такий вигляд [3, 8, 10]:

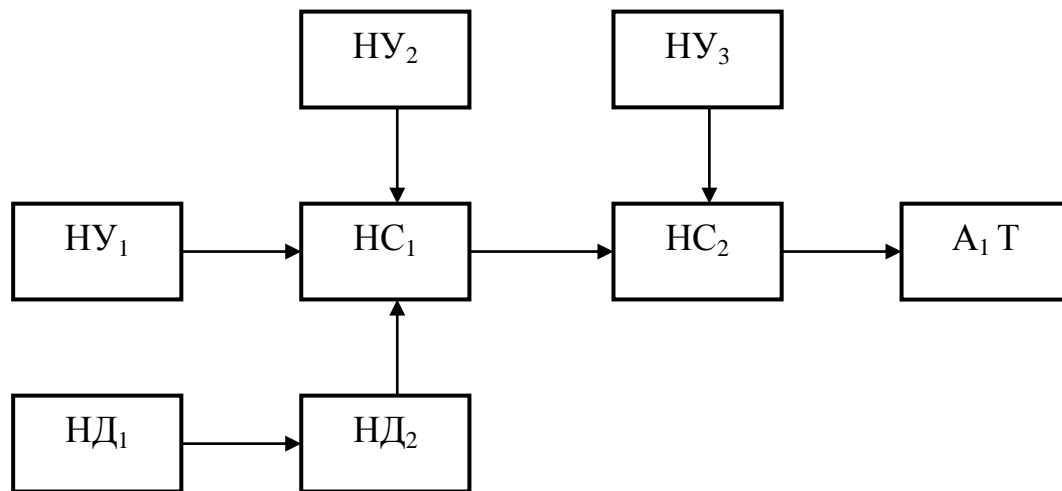


Рисунок 4.2 Схема процесу формування і виникнення аварій (А) та травм (Т)

Із наведеної схеми видно, що ситуація “занос трактора” (НС1) переходить у більш небезпечну – “перекидання трактора” (НС2).

4.3 Розрахунок стійкості роботи МТА

Під час руху агрегату по криволінійній ділянці виникає відцентрова сила, яка діє на МТА для скошування трав у напрямку від центра повороту. Якщо своєчасно не знизити швидкість, то внаслідок бокового ковзання коліс (занос) може статися перекидання.

Тоді швидкість руху трактора на повороті, при якій починається перекидання, можна визначити за формулою:

$$V_{max} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2 \cdot h_y}}, \quad (4.1)$$

де B – ширина колії, м;

R – радіус повороту, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h_y – висота центру ваги трактора, м;

$$V_{max} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 1,26 \cdot 9,8}{2 \cdot 1,6}} = 2,6 \text{ м/с.}$$

У сучасних тракторах спочатку відбувається занос (бокове ковзання коліс), а вже потім перекидання.

Визначаємо швидкість руху на повороті при якій виникає початок заносу (ковзання):

$$V_{max} = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi}, \quad (4.2)$$

де φ – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою.

$$V_{max} = \sqrt{1,26 \cdot 9,8 \cdot 0,45} = 2,36 \text{ м/с.}$$

Якщо агрегат працює на схилі, то його поперечний максимальний кут буде становити:

$$\beta = \arctg K_c, \quad (4.3)$$

де K_c – коефіцієнт статичної стійкості;

$$k_c = \frac{B}{2 \cdot h_y}, \quad (4.4)$$

$$k_c = \frac{1,8}{2 \cdot 1,6} = 0,56.$$

Тоді

$$\beta = \arctg 0,56 \approx 29^\circ.$$

Дані розрахунки показують, що його швидкість на поворотах повинна бути обмежена до 2,36 м/с для запобігання виникнення травмонебезпечних ситуацій, а максимальний кут схилу для роботи косарки в агрегаті з трактором Беларусь-982 не повинен перевершувати 29°.

4.4 Техніка безпеки при роботі на агрегаті для скошування трав

Для безпечної роботи на МТА для скошування трав потрібно дотримуватись наступних правил:

- не допускати до роботи осіб без посвідчення машиніста–тракториста на керування машиною і ті, що не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що має бути зроблений запис в журналі;
- стороннім особам категорично забороняється знаходитися на працюючій машині ,а також в безпечній близькості від неї;

- забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час її руху;
- всі види регулювань і технічного догляду слід виконувати тільки після повної зупинки машини і вимкненому двигуні трактора;
- забороняється проводити будь-які регулювання або роботи під косаркою, якщо під її колеса не поставлені противідкочувальні башмаки;
- забороняється проводити будь-які роботи під різальним апаратом, що знаходиться в транспортному положенні; для таких робіт необхідно зафіксувати апарат механічним фіксатором та поставити спеціальні підставки;
- забороняється робота на агрегаті в не заправленому одязі із звисаючими полами і рукавами;
- перед початком роботи потрібно впевнитися в повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплення всіх захисних щитків і оголодж;
- забороняється знаходитися спереду агрегату під час його руху;
- інструменти, пристосування і обладнання для технічного обслуговування мають відповідати своєму призначенню, бути справними і забезпечувати безпечність проведення робіт;
- остерігатися обертових частин, не знаходитися поблизу головної карданної передачі;
- забороняється проводити прокручування машини, що не з'єднана з трактором за допомогою пальця;
- категорично забороняється знаходитися на косарці під час руху агрегату;
- в кабіні трактора треба мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами;
- не допускати перевезення вантажу на машині;
- при поворотах, розворотах і при їзді по похилій дорозі швидкість зменшити до 3–4 км / год ;
- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки передач в нейтральне положення і виключити ВВП;

- обганяти транспортні засоби, швидкість руху якого рівна або перевищує вказану транспортну швидкість руху машини, забороняється.

Висновки

1. На МТА для скошування трав з одночасним плющенням, що складається з трактора Беларусь-982 і косарки КРС-2 існує 10 основних травмонебезпечних зон і місць.
2. Для безпечної роботи агрегату його швидкість руху на поворотах не повинна перевищувати 2,36 м/с.
3. Перекидання агрегату може відбутися ,якщо його швидкість на повороті буде вищою за 2,6 м/с ,а максимальний кут схилу – 29°.

5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Основні чинники негативного впливу на довкілля під заготівлі сіна

Екстенсивне використання земельних та водних ресурсів шляхом збільшення залучування до виробництва земельних площ, вирощування сільськогосподарських культур у посушливих районах за рахунок їх зрошення, широке використання хімічних та біологічних засобів для збільшення врожаю – все це є причиною глобальної зміни клімату, порушення температурного і водного балансів [2].

Використання енергетичних засобів на окремих механізованих операціях під час вирощування і збирання багаторічних трав, особливо під час їх скошування призводить до надмірного ущільнення поверхневого шару ґрунту. Ходові системи енергетичних засобів негативно діють на ґрунт, рухаючись полем доволі інтенсивно круговим способом через доволі малу ширину захвату агрегату і його принцип роботи, що призводить до зниження їх родючості та зменшення гумусового шару, утруднюється доступ вологи, повітря та поживних речовин до кореневих систем багаторічних рослин.

Шкідливого впливу завдає нерозумне використання пестицидів. Пестициди – хімічні засоби захисту рослин від шкідників і хвороби, діють вони швидко і ефективно, проте їх застосування має також негативні наслідки для довкілля і здоров'я людини. Під час вирощування та збирання трав широко використовуються отрутохімікати, тому слід вжити заходів щодо їх раціонального застосування, особливо в період цвітіння трав.

Значних збитків сільському господарству завдає ерозія. Тому, одним з найважливіших природоохоронних засобів є боротьба з ерозією. Ерозія – руйнування ґрунту потоками води або вітру, а також технічними засобами. Найбільш ефективним заходом щодо недопущення ерозійних проявів в часі виконання окремих механізованих операцій під час вирощування і збирання трав на сіно є правильна організація використання МТА, особливо на схилах з доцільним для цих умов вибором їх способу руху. За необхідності доцільно використовувати розширювачі

колісних рушіїв і спарювання опорних коліс, щоб зменшити їх негативний вплив на ґрунт [2].

5.2 Зберігання і використання паливно-мастильних матеріалів

Пасивне відношення до паливно-мастильних матеріалів також призводить до забруднення довкілля.

Спалюючи велику кількість палива, самохідна сільськогосподарська техніка викидає у повітря дуже багато шкідливих газів, що спричиняють забруднення повітря. Тому правильне зберігання і використання нафтопродуктів – один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря.

Під час скошування трав потрібно вибирати такі режими, які відповідають екологічній роботі машинно-тракторного агрегату. Особливо це стосується ділянок поля, що прилягають до кущових насаджень або польових доріг. Слід ретельно перевіряти справність роботи паливної апаратури – підтікань робочих рідин категоричного не допускається, бо це негативно впливає також на якість заготовленого сіна.

Крім того велику увагу слід приділити питанням пожежної безпеки. Усі агрегати, що працюють на заготівлі сіна повинні бути заземлені та обладнані вогнегасниками та засобами пожежогасіння, а двигуни енергетичних засобів – іскрогасниками.

5.3 Шляхи зниження негативної дії на довкілля об'єкту дослідження

Кожен вид матеріального виробництва передбачає перетворення енергії і матеріальних ресурсів, утворюючи при цьому як енергетичні така і матеріальні відходи. При плануванні впровадження нових технологічних підходів чи організаційних заходів під час внесення добрив насамперед має звертатися увага на використання ресурсо- та енергоощадних технологій, вирішення проблем створення екологічно чистих виробництв. Запропоноване нововведення, крім його технічної чи технологічної доцільності, має бути кроком в напрямку реальної мінімізації

екологічного впливу на довкілля (вода, повітря, ґрунт, безпека для життя і здоров'я людей) та появи непридатних матеріально-речовинних і енергетичних відходів. Має забезпечуватися, по можливості, концентрація відходів, їх повторне використання, можливі чи передбачувані технологічні шляхи видалення чи захоронення відходів.

Зменшення негативного впливу від ущільнення ґрунту засобами механізації під час заготівлі сіна можна досягнути наступними конструктивними та організаційними заходами:

- використання гусеничних тракторів та тракторів з напівгусеничною ходовою частиною, у яких питомий тиск на ґрунт значно нижчий ніж у колісних;
- використання розширювачів колісних рушіїв і спарювання опорних коліс;
- раціональне комплектування машинно-тракторних агрегатів;
- широке використання енергонасичених тракторів в агрегаті із широкозахватними комплексними агрегатами, які забезпечують зменшення кількості проходів по міжряддях саду;
- використання тракторів, що працюють на підвищених швидкостях.

Висновки

1. Для запобігання негативної дії МТА скошування трав необхідно правильно вибирати його спосіб руху й розвороту в кінці загінки;
2. Усі відпрацьовані технологічні матеріали, що мають шкідливу дію мають бути утилізовані.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОСАРКИ

Суть розрахунку економічної ефективності застосування удосконаленого агрегату полягає у визначенні і порівняльній оцінці техніко-економічних показників виконання операції скошування трав удосконаленою косаркою КРС-2, використання якої дозволяє разом із скошуванням трави проводити одночасне її плющення з аналогічним агрегатом, а саме косаркою КПРН-3,0, що агрегується з трактором Беларусь-982.

Якщо врахувати, що робоча швидкість виконання технологічної операції вказаними агрегатами вважаємо однаковою, то техніко-економічні показники агрегатів для скошування трав за обидвох технологій будуть визначатися їх продуктивністю. Для порівняння розрахунки техніко-економічних показників проводимо для агрегату для скошування трав (Беларусь-982 + КПРН-3,0) за методикою, проведеною в розділі 2 дипломної роботи.

Змінна продуктивність агрегату згідно формули (2.21) становить:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 11,07 \cdot 3,0 \cdot 0,76 \cdot 7 = 16,37 \text{ га/зм.}$$

Відповідно, за годину (формула 2.22):

$$W_{год} = 16,37 / 7 = 2,23 \text{ га/год,}$$

Затрати праці на одиницю роботи згідно (2.23) становлять:

$$z_{np} = \frac{1 \cdot 7}{16,37} = 0,43 \text{ люд.год./га.}$$

Балансова вартість:

для трактора: $720000 + 0,1 \cdot 720000 = 792000$ грн.,

для косарки: $206000 + 0,1 \cdot 206000 = 226600$ грн.

Сума амортизаційних відрахувань для всіх елементів МТА (формула 2.27):

$$z_{ам} = \frac{792000 \cdot 12,5}{100 \cdot 2,23 \cdot 1800} + \frac{226600 \cdot 14}{100 \cdot 2,23 \cdot 100} = 196,89 \text{ грн./га.}$$

Сума відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора і косарки (формула 2.28):

$$Z_{\text{рмо}} = \frac{792000 \cdot (4 + 22)}{100 \cdot 2,23 \cdot 1800} + \frac{226600 \cdot 17}{100 \cdot 2,23 \cdot 100} = 271,12 \text{ грн./га.}$$

Затрати на заробітну плату (формула 2.28):

$$Z_{\text{зп}} = \frac{1 \cdot 110,0}{2,23} = 49,33 \text{ грн./га.}$$

Витрата палива окремими агрегатами (2.30) становить:

$$Q = \frac{20 \cdot 5,35 + 13,5 \cdot 0,95 + 1,7 \cdot 0,7}{16,37} = 8,18 \text{ кг/га.}$$

Тоді вартість палива згідно (2.29) становить:

$$Z_{\text{пм}} = 8,18 \cdot 50,0 = 409,0 \text{ грн/га.}$$

Затрати на зберігання (формула 2.31):

$$Z_{\text{зб}} = 0,065 \cdot 271,12 = 17,62 \text{ грн./га.}$$

Тоді сума прямих затрат за формулою (2.24) для окремих агрегатів становить:

$$B_e = 49,33 + 196,86 + 271,12 + 409,0 + 16,32 = 942,63 \text{ грн./га.}$$

Для встановлення загальних затрат на заготівлю сіна базовим агрегатом з одночасним виконанням двох послідовних операцій – скошування й ворущіння трави знаходимо суму всіх розрахованих складових затрат і результати розрахунків зводимо в таблицю 6.1 для остаточного аналізу ефективності використання МТА.

Таблиця 6.1–Показники використання МТА під час скошування трав

Показники	Склад МТА		Відхилення (+,-), %
	Беларусь-982 + КРС-2	Беларусь-982 + КПРН-3,0	
1	2	3	4
Продуктивність, га/зм	12,43	16,37	+29,7

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4
Затрати праці, люд·год./га	0,56	0,43	-23,21
Сума прямих затрат, грн./га	899,02	942,63	+4,62
в т.ч. на заробітну плату	61,80	49,33	-20,18
- на амортизацію	134,03	196,86	+31,92
- на ремонт і ТО	202,06	271,12	+25,47
- на зберігання	13,13	16,32	+19,55
- вартість ПММ	488,0	409	+16,19

Як видно з таблиці використання удосконаленої косарки КРС-2 дозволить знизити прямі питомі експлуатаційні затрати на виконання операції на 4,62% в порівнянні з базовим агрегатом (Беларусь-982+КПРН-3,0), незважаючи на те, що продуктивність косарки КРС-2 майже на 30% менша.

ВИСНОВКИ

На підставі виконаного аналізу способів та засобів для заготівлі сіна та окремих технологічних процесів, проведених розрахунків у технологічній, конструктивній, економічній частинах можна зробити наступні висновки й пропозиції:

1. Серед відомих способів для скошування бобових трав найефективнішим є потоковий спосіб, за як одночасно із скошуванням відбувається плющення трави по всій довжині стебла.
2. На сьогоднішній день існує безліч варіантів машин для скошування та скошування трав із плющенням, проте ефективність їх роботи залежить від багатьох чинників, передовсім урожайності.
3. Серед основних недоліків косарок – відносно низька продуктивність і якість виконання технологічного процесу.
4. Змінна продуктивність агрегату для скошування трав з одночасним їх розпушуванням становить 12,43 га/зм.
5. Сума прямих питомих експлуатаційних затрат на одиницю роботи косарки становить 954,42 грн/га.
6. Під час скошування трав роторною косаркою затрати праці складають 0,56 люд·год/га.
7. Діаметр вальців плющильного апарату становить 0,2 м.
8. Для приводу плющильного апарату необхідно вибрати пасову передачу з наступними діаметрами шків: ведучий $d_1 = 125$ мм, ведений – $d_2 = 180$ мм.
9. На МТА для скошування трав з одночасним плющенням, що складається з трактора Беларусь-982 і косарки КРС-2 існує 10 основних травмонебезпечних зон і місць.
10. Для безпечної роботи агрегату його швидкість руху на поворотах не повинна перевищувати 2,36 м/с.
11. Перекидання агрегату може відбутися ,якщо його швидкість на повороті буде вищою за 2,6 м/с ,а максимальний кут схилу – 29°.

12. Для запобігання негативної дії сільськогосподарської техніки на ґрунт необхідно правильно вибирати їх способи руху. Усі відпрацьовані технологічні матеріали, що мають шкідливу дію мають бути утилізовані.
13. Використання для скошування трав удосконаленої косарки КРС-2 дасть можливість зменшити кількість проходів МТА, через відсутність необхідності проведення наступної технологічної операції під час заготівлі сіна – ворущіння трави.
14. Прямі затрати на скошування трав удосконаленою косаркою зменшилися на 4,62%.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
2. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
3. Винокуров Л. Е., Васильчик М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Київ. Вікторія. 2001. 254 с.
4. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
5. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
6. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків: НТУ «ХП», 2020. 275 с. Електронний ресурс: URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/fc3fab8f-ed29-45e7-9d84-52d75700d4f6/content>.
7. Жаринов В.И., Ключ В.С. Люцерна. Київ: Урожай, 1983. 240 с.
8. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
9. Кияк Г.С. Луговоеводство. Київ: Вища школа, 1986. 352 с.
10. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. Основи охорони праці. Київ: Основа, 2000. 416 с.
11. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.: за ред. А.В. Рудя. –К.: Агроосвіта, 2012. -584 с.; іл.
12. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.: за ред. А.В. Рудя. –К.: Агроосвіта, 2012. -432 с.; іл.

13. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні / В.Ф. Петриченко, Г.П.Квітко, М.К.Царенко та ін. / За ред. В.Ф. Петриченка, М.К.Царенка. Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2008. 240 с.
14. Онищук Д. М., Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Кормові боби. Львів: НВФ "Українські технології", 2002. 44 с.
15. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ: Техніка, 2004. 512 с.
- 16.Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
17. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 18.Семен Я.В., Чухрай В.Є., Крупич О.М., Рис В.І., Буртак В.В. *Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» ОС «Бакалавр»*. Львів. Сполом. 2023. 72 с.
19. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
20. Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення. Львів: ЛНАУ, 2017. 13 с.
21. Трактори в Україні. Електронний ресурс: URL: <https://prom.ua/ua/p1297179566-traktor-belarus-8922.html>?
22. Технології вирощування бобових та злакових трав на насіння / Петриченко В.Ф., Бугайов В.Д., Колісник С.І. та ін. / За ред. В.Ф.Петриченка. Вінниця. 2005. 52 с.
- 23.Технологія вирощування багаторічних трав. Електронний ресурс: URL: <https://buklib.net/books/34721/>