

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Удосконалення конструкції кондиціонера ротаційної косарки КРН-2,1 для заготівлі сіна»**

Виконав: студент групи Маш-22сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Тарас БОРЧУК  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Борчуку Тарасу Миколайовичу**

1. Тема роботи: **«Удосконалення конструкції кондиціонера ротаційної косарки КРН-2,1 для заготівлі сіна»**

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики косарок; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою ротаційних косарок; методики розрахунку та проектування ротаційних косарок; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення машини.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина.

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна частина.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

## 5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Аналіз конструкцій ротаційних косарок - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд ротаційної косарки з кондиціонером - 2-ий аркуш.

3. Складальні одиниці та деталі ротаційної косарки з кондиціонером – 3-ий аркуш.

4. Складальні одиниці та деталі ротаційної косарки з кондиціонером – 4-ий аркуш.

5. Результати розрахунку показників економічної ефективності конструктивної розробки – 5-ий арк.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Березовецький С.А. к.т.н., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»	23.01.23-17.02.23	
2.	Виконання другого розділу: «Технологічна частина»	20.02.23-17.03.23	
3.	Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»	20.03.23-05.05.23	
4.	Виконання розділу: «Охорона праці»	08.05.23-02.06.23	
5.	Виконання розділу: «Економічна частина»	05.06.23-16.06.23	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	19.06.23-23.06.23	

Студент \_\_\_\_\_ Тарас БОРЧУК  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(підпис)

УДК 631.316.023

Кваліфікаційна робота: 62 с. текст. част., 15 рис., 11 табл., 5 арк. формату А1, 21 джерело літератури.

«Удосконалення конструкції кондиціонера ротаційної косарки КРН-2,1 для заготівлі сіна».

Борчук Тарас Миколайович – Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Кафедра машинобудування – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2023.

Проведено аналіз конструкції ротаційних косарок та їх робочих органів для технологічного процесу скошування сіна.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині удосконалено конструкцію ротаційних косарок шляхом встановлення кондиціонера.

Проаналізовано стан травматизму для підприємства, стан техніки безпеки у господарстві, стан виробничої санітарії. Оцінено безпеку та розроблено заходи щодо безпечної експлуатації модернізованої косарки КРН-2,1. Проаналізовано стан пожежної безпеки та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях. Розроблено заходи безпеки під час заготівлі грубих кормів.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 119600 грн., при термін окупності протягом 1,6 року.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ .....	8
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	16
2.1. Виробництво об'ємних кормів .....	16
2.2 Сучасні технології заготівлі грубих кормів.....	18
2.3 Агротехнічні вимоги під час заготівлі пресованого сіна .....	26
2.4 Розрахунок технологічного процесу .....	28
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	31
3.1 Обґрунтування модернізації косарки .....	31
3.2 Опис пристрою та принципу роботи модернізованої косарки КРН-2,1.....	32
3.3 Технологічні розрахунки .....	35
3.3.1 Вплив робочих органів на оброблюване середовище .....	35
3.3.2 Розрахунок різального апарату .....	36
3.3.3 Розрахунок клинопасової передачі.....	38
3.3.4 Розрахунок ширини передньої частини бруса .....	41
3.3.5 Розрахунок параметрів кондиціонера .....	42
3.4 Міцнісні розрахунки .....	44
3.4.1 Розрахунок міцності шпонкових з'єднань.....	44
3.4.2 Розрахунок підшипників на довговічність. ....	45
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	46
4.1 Аналіз травматизму для підприємства.....	46
4.2 Стан техніки безпеки у господарстві .....	48
4.3 Стан виробничої санітарії .....	48
4.4 Оцінка безпеки та розробка заходів щодо безпечної експлуатації модернізованої косарки КРН-2,1 .....	49
4.5 Заходи безпеки під час заготівлі грубих кормів .....	50
4.6 Аналіз стану пожежної безпеки.....	50
4.7 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях .....	52
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55

5.1 Розрахунок собівартості .....	55
5.2 Розрахунок величини капітальних вкладень .....	57
5.3 Економічна ефективність проекту.....	57
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....	60
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	61

## ВСТУП

Рослинництво є важливою галуззю сільського господарства. У на даний час збільшення якості та обсягів виробництва зернових та кормових культур є найважливішим завданням народного господарства.

Впровадження нових досягнень науки та практики вирощування сільськогосподарських культур дозволить різко збільшити виробництво продукції рослинництва.

Головною причиною недоотримання продукції рослинництва є слабка матеріально-технічна база господарств, огріхи у плануванні та прогнозуванні, низька оплата праці.

Особливо слід зазначити часту відсутність оперативного контролю за якістю заготовлюваних кормів, низьке і вкрай нерівномірне забезпечення ними. Зокрема, вимагає вирішення питання підвищення якості заготовлюваного сіна та сінажу, питома вага яких займає у структурі раціонів ВРХ до 60%. Сіно є одним з основних видів корму, який містить необхідні поживні речовини для повноцінного годування тварин.

Однак недосконалість застосовуваних технологій та конструкцій машин із заготівлі сіна призводить до високої собівартості його виробництва та низької якості.

Кваліфікаційна робота спрямована на розробку ефективної технології із заготівлі грубих кормів на основі використання запропонованої модернізації косарки КРН-2,1.

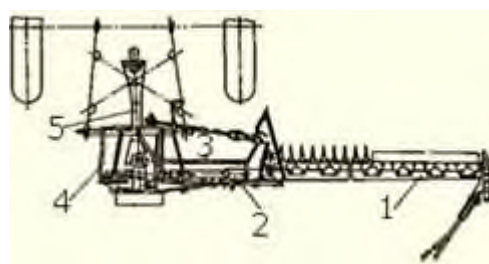
## 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

На ринку техніки представлено понад 700 моделей начіпних, напівпричіпних і самохідних косарок та косарок-плющилок виробництва фірм Crone, Claas, Kuhn, Vicon, Caspardo тощо. В Україні серійне виробництво косарок впроваджено у ТОВ "КДТ Сільгоспмаш", ВАТ "Львівагромашпроект", ВАТ "Львівсільмаш", ВАТ "Новоград-Волинсьільмаш", ВАТ "Білоцерківсільмаш" та інші. За типом різального апарату косарки поділяються на сегментні, сегментно-пальцеві та ротаційні.

Косарка з сегментно-пальцевими різальними апаратами (рис. 1.1) призначена для скошування природних і сіяних трав на рівнинних ділянках з укладанням скошеної маси в прокіс. Вони складається з механізму піднімання різучого апарату 1, тягової штанги 2, шатуна 3, рами з приводом 4, карданної передачі 5. Різальні апарати більшості косарок даного типу приводяться у рух кривошипно-шатунним механізмом. У косарках з фронтальним різальним апаратом застосовують також механізми приведення ножа типу коливальної вилки і коливальної шайби.



а



б

Рис. 1.1 – Косарка навісна КС-2,1 з сегментно-пальцевим різальним апаратом (а – загальний вигляд; б – конструкційна схема)

Сегментно-пальцеві різальні апарати зрізують рослини при швидкості ножа 1,5-3,0 м/с. Вони не подрібнюють рослини, потребують менших затрат енергії порівняно з безпідірними різальними апаратами. Водночас зворотно-поступальний рух ножа спричинює значні інерційні зусилля, що обмежує



застосування таких косарок на підвищених робочих швидкостях під час збирання трав. Сегментно-пальцьові косарки, хоч і дешеві, та малопродуктивні й ненадійні на високоврожайному та переплутаному травостої, мають підвищені втрати врожаю від завищеного зрізування.

Конструкція сегментно-пальцевого різального апарату не дозволяє використовувати косарки на полях з нерівним рельєфом або кротовинами. Зважаючи на порівняно низьку продуктивність, косарки із сегментно-пальцевим або безпальцевим різальними апаратами займають незначне місце на ринку.

Переважають на ринку косарки та косарки-плющилки з ротаційними роторними (барабанными) та дисковими різальними апаратами. Косарки даних типів забезпечують скошування високоврожайних трав, а також травостоїв, що вилягли або переплуталися на високих поступальних швидкостях руху.

Ротаційні косарки, в основному, виробляють типорозмірними рядами з шириною захвату 1,2-5 м та інтервалом у ряді 0,1-0,3 м. На ринку також представлені широкозахватні косарки, наприклад, BNG 630 (Kuhn) з шириною захвату 619 см, DISCO (Claas) – до 9,10 м. Для підвищення продуктивності агрегату та ефективнішого використання потужності трактора поряд із збільшенням ширини захвату косарки широко практикується використання уніфікованих рядів задньонавісних і фронтальних косарок в одному агрегаті. Косарки можуть обладнуватися валкоутворювачами як пасивними, так і активними, як, наприклад, косарки фірми MVA, Niemejer та Claas (Німеччина).

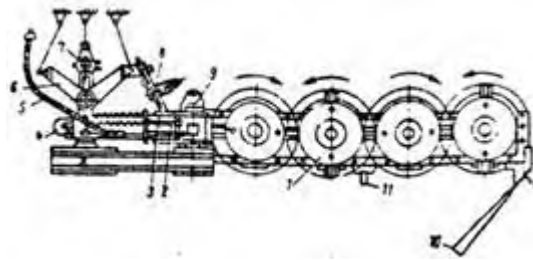
Ротаційні косарки оснащені різальними апаратами безпідпільного зрізування і не мають зворотно-поступального руху робочих частин. Ножі ротаційних апаратів здійснюють обертальний рух з лінійною швидкістю до 50-60 м/с разом з диском або барабаном. Це дає змогу істотно збільшити робочу швидкість косарки. За результатами випробувань продуктивність ротаційних косарок на 30%-50% більша в порівнянні з косарками з сегментно-пальцьовими різальними апаратами.

Барабанні (роторні) і дискові косарки працюють за однією технологічною схемою – різальні ножі обертаються навколо вертикальної осі. В дискових нижньопривідних косарках редуктор, привідні шестерні і робочі диски з ножами встановлено на одній балці. Така конструкція дозволяє значно зменшити масу косарки і відповідно, необхідну потужність трактора. Завдяки цьому можна за рахунок збільшення робочої ширини збільшити продуктивність. В роторних косарках балка з редуктором та привідними шестернями винесена ввєрх, а ножі встановлюються на роторах з потужними жорсткими стійками.

Ротаційні дискові косарки (рис. 1.2) складаються з рами навісного пристрою 6, підрамника 3, механізму зрівноваження 2, роторного різального апарату 1, польового дільника 10, тягового запобіжника 8, механізму приводу 7 і гідрообладнання.



а



б

Рис. 1.2 – Косарка дискова навісна (а – загальний вигляд; б – конструкційна схема)

Дисковий різальний апарат складається з плити бруса і днища, які між собою з'єднані болтами. В порожнині бруса розміщені шестерні приводу роторів. Під днищем встановлені башмаки 9, якими різальний апарат опирається на ґрунт. На брусі встановлено ротори, до кожного з яких кріпляться спеціальними болтами по пластинчасті ножі. На суміжних роторах встановлені ножі різної довжини. На більшості ротаційних косарок встановлено захисне огороження.

Робочі органи косарки приводяться в рух від ВВП трактора через карданний вал, клинопасову передачу, одноступінчатий конічний редуктор і

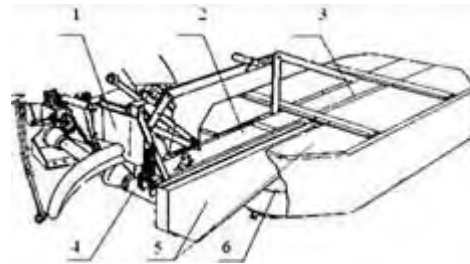
зубчату передачу. Дискові косарки, в яких застосовуються нижні редуктори на всю ширину захвату, конструкційно складні й також допускають завищений зріз трави. Конструкція дискових косарок не дозволяє їх використовувати на полях з нерівним рельєфом або кротовинами.

Апарати безпідпільного зрізування простіші за будовою і надійніші в роботі, але під час зрізування рослин вони додатково подрібнюють стебла, що призводить до втрат скошеної зеленої маси. Косарки з такими апаратами мають більші енергозатрати на одиницю зібраної площі, вони більш металомісткі.

Ротаційні дискові косарки (рис. 1.3) складаються з рами навіски 1, балки середньої 2, карданного вала приводу 3, рами головної 4, різального апарату 5, захисного огороження 6, пружинного запобіжного пристрою. Копіювання поверхні ґрунту косарки здійснюється за допомогою диска (роторно ріжучого апарату).



а



б

Рис. 1.3 – Косарка ротаційна навісна (а – загальний вигляд; б – конструкційна схема)

Ротаційні барабанні косарки мають верхній редукторний привод і порівняно кращі показники якості скошування, але менш надійну конструкцію. Роторні косарки характеризуються високою надійністю та невибагливістю до умов роботи – косарки можуть працювати на полях з будь-яким рельєфом. Роторні косарки за своєю конструкційною схемою завжди вкладають скошену масу у валок, дискові косарки для цього обладнуються валкоутворювачами.

Для прискореного висихання скошена трава піддається кондиціонуванню або плющенню.

Кондиціонери, що використовуються в ротаційних косарках, – це барабани з шарнірно або жорстко прикріпленими пальцями, які обертаються з частотою 700-1000 обертів за хвилину. На косарках встановлюються різні типи кондиціонерів: кондиціонер з пальцями, що вільно провертаються (рис. 1.4, б); кондиціонер з V-подібними нейлоновими пальцями (рис. 1.4, в); пальцево-гребінний кондиціонер з регулюванням кожуха (рис. 1.4, г).

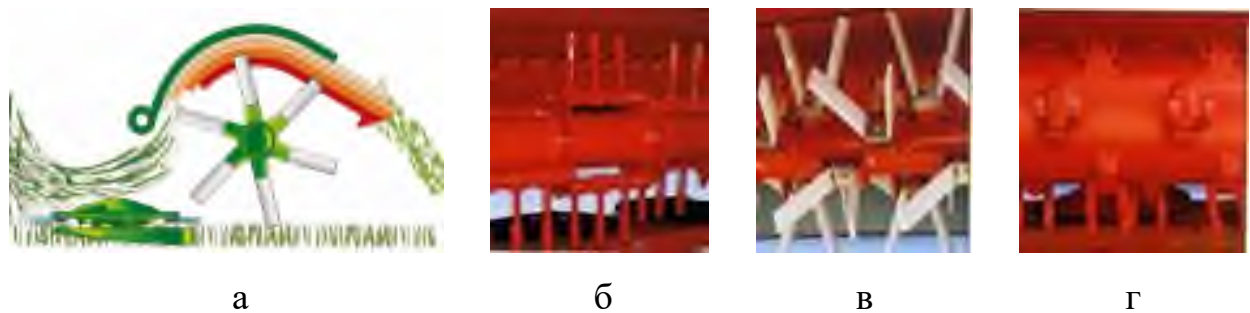


Рис. 1.4 – Схема технологічного процесу косарки обладнаної кондиціонером (а) та типи кондиціонерів (б, в, г)

Під час плющення рівномірно розподіляється волога в скошеній масі, внаслідок чого скорочується період сушіння. Косарки комплектуються різними типами вальців: спіральними сталевими вальцями, що мають великий експлуатаційний ресурс і найбільш прийнятні для плющення великих об'ємів трав (рис 1.5, б); спіральними вальцями з гумовим покриттям (рис. 1.5, в); спіральними вальцями з гумовим покриттям із збільшеною площею контакту для плющення люцерни і бобових культур в умовах досить низької атмосферної вологості (рис. 1.5, г) та інші типами.

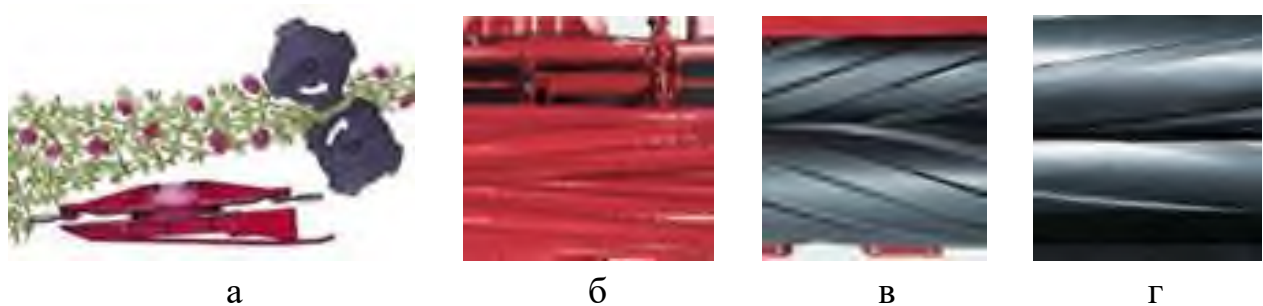


Рис. 1.5 – Схема технологічного процесу косарки-плющилки (а) та типи кондиціонерів (б, в, г)

Ротаційні дискові косарки можуть оснащуватися як плющильними апаратами, так і кондиціонерами.

Порівняно з плющильними вальцями, кондиціонери є більш досконаліми: руйнуючи оболонку стебла вони одночасно утворюють більш спушений покос чи валок, надійніші в роботі, менш чутливі до нерівномірності надходження рослинної маси. Разом з тим, вони активніше діють на рослинну масу, тому їх доцільно застосовувати на злакових травах.

Деякі моделі косарок провідних європейських та світових фірм обладнуються запобіжними механізмами від пошкоджень робочих органів сторонніми предметами (камінням тощо) (рис. 1.6, а), пристроями для поперечного і поздовжнього копіювання поверхні (рис. 1.6, б), транспортерними пристроями для здвоювання покосів (рис. 1.6, в).



а



б



в

Рис. 1.6 – Пристрої косарок

Львівською філією УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого проведено випробування декількох моделей косарок як вітчизняних і зарубіжних виробників: косарки сегментної КС-2,1 (ВАТ “Новоград-Волинськсільмаш”), косарок дискових КН-2,1 (ВАТ „Завод,, Львівсільмаш”), Mewa 1,65 та Alka XL 3,00 (UNIA group, Польща), GMD SELECT (KUHN, Франція), SILVERCUT 300 та OPTICUT 300 (SIP Strojna Industrija d.d., Словенія), косарок-плющилок дискових ALTERNA та FC 303 RGC (KUHN, Франція), косарок роторних DRUMCUT 275 (SIP Strojna Industrija d.d., Словенія), Z-169 (Agromech, Польща).

Висота зрізання трави сегментно-пальцевою косаркою становить 6,2 см, дискові косарки зрізали траву на висоті 4-5,8 см від поверхні поля, а роторні – на 3,8-4 см. Ширина захвату косарок – від 1,65 м до 4,85 м (рис. 1.7). Отже, найменші втрати трави від висоти зрізу одержано при застосуванні роторних косарок.

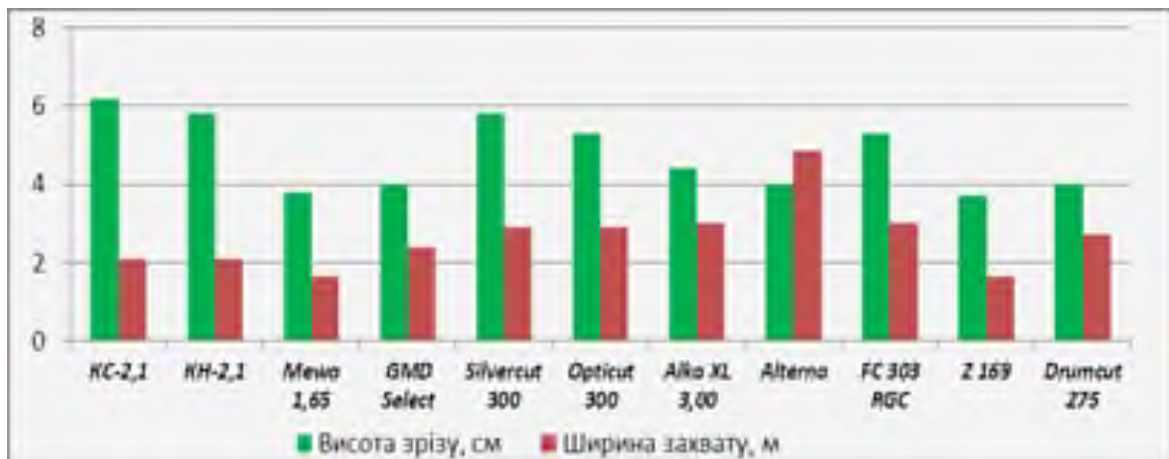


Рис. 1.7 – Агротехнічні показники роботи косарок

Зарубіжні косарки виробництва фірми Kuhn мають досить високі функціональні показники, надійні в роботі. Однак, зважаючи на їх високу вартість, такі косарки доцільно використовувати у великих господарствах. Косарки виробництва UNIA group і Agromech (Польща) та SIP Strojna Industrija d.d. досить вдало поєднують в собі задовільний технічний рівень та доступні ціни. Вітчизняна косарка за показники надійності поступається зарубіжним аналогам, однак за агротехнічними і експлуатаційно-технологічними показниками вона може конкурувати із зарубіжними аналогами.

Основним недоліком існуючих ротаційно-дискових косарок є відсутність у їх конструкції пристроїв, здатних інтенсифікувати процес польового сушіння скошених трав. За даними вітчизняних та зарубіжних досліджень втрати поживних речовин при природному сушінні досягають 50 %, причому меншу частину їх (до 10 %) становлять механічні втрати, а більшу - біохімічні, пов'язані з впливом сонячних променів та атмосферних опадів.

Зменшити ці втрати можна шляхом інтенсифікації польового сушіння. Встановлено, що при рівномірному прискореному сушінні трав

використовуючи плющення, розпушування або ворошіння можна знизити втрати поживних речовин на 20...30%.

Завдяки ворошінню щільність укладання трави зменшується, внаслідок чого вона легше провітрюється, і час висушування після кожного ворошення скорочується на 15-20%. Рекомендується перше зворушення скошеної трави проводити в міру підсихання верхнього шару до вологості 60-65%, але не пізніше ніж через 3 години після скошування, наступні - через 3-4 години (залежно від погодних умов) до досягнення масою вологості 40-45%, потім виконати згрібання у валки і досушувати до вологості, що відповідає технології заготівлі сіна.

МТА вибирають з урахуванням оптимальної продуктивності основної технологічної операції та агротехнічних розривів між окремими операціями. З вибраних агрегатів формують технологічні комплекси.

Під час виконання робіт із заготівлі грубих кормів важливою умовою ефективності роботи агрегатів є потоковість виконання робіт, особливо це стосується вантажно-транспортних робіт.



## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Виробництво об'ємних кормів

Трави природних лугопасовищних угідь, сіяні багаторічні бобові, злакові та бобово-злакові травосуміші, однорічні трави є сировиною для заготівлі сіна, сінажу, силосу, зеленого підживлення, слід зазначити, що основною силосною культурою стає кукурудза. Крім того, для заготівлі силосу та на зелений корм використовують багаторічні та однорічні трави, кормовий люпин, соняшник та інші культури. Вид кормів, що заготовлюються визначається залежно від фізіологічних потреб (особливостей) відповідної групи тварин, технологій годівлі, економічної спроможності та рівня втрат сухих речовин. Можливі рівні втрат, притаманних різних технологій заготівлі трав'яних кормів. В організаційному плані весь процес заготівлі кормів треба побудувати так, щоб за рахунок гнучкого маневрування технологіями з урахуванням дозрівання травостою та погодних умов кожен вид кормових культур прибирати вчасно, залежно від їхньої скоростиглості та фаз вегетації. Головне при цьому – не робити ставку на заготівлю будь-якого виду. Вибір технологій – за керівниками та спеціалістами господарств, у яких, виходячи з реальних умов, заготовляються необхідні високоякісні корми.

Поживна цінність багаторічних трав та динаміка хімічного складу укосної маси при збиранні в різні фази вегетації наведені в таблицях 2.1, 2.2 та 2.3. За даними таблиць, отримання якісних кормів рекомендованими оптимальними термінами початку збирання трав є періоди: для злакових – кінець трубкування і початок колошення, для бобових – фаза бутонізації і початок цвітіння. У цей час 1 кг сухої речовини міститься 0,86-1,0 к.од. Своєчасне прибирання першого укоси гарантує не лише високу якість кормів, а й отримання повноцінних наступних (другого та третього) укосів. Встановлено, що збирання трав в оптимальні фази розвитку дозволяє при строгому дотриманні технологічних режимів заготівлі та зберігання отримувати не тільки високу поживність корму,



але порівняно з пізнішими термінами збільшити валовий вихід кормів та перетравного протеїну на 25–30%.

Таблиця 2.1 - Вихід кормових одиниць та перетравного протеїну при збиранні багаторічних трав у різні фази вегетації

Культура	Фаза вегетації	Вміст в 1 кг сухої речовини		Збір із гектара за вегетацію (у цент.)	
		Кормових одиниць	Перетравного протеїну, г	Кормових одиниць	Перетравного протеїну, г
Конюшина лучна	Бутонізація	0,86	123	62	9,9
	Цвітіння	0,72	98	58,5	8,0
	Бутонізація	0,87	95	77,2	7,0
Конюшина лучна + тимофіївка лугова	Цвітіння конюшини	0,67	62	61	5,9
Їжа збірна	Вихід в трубку	0,94	104	98	10,9
	Викидання	0,71	70	81,6	8,1
	Цвітіння	0,62	56	74	6,7

Таблиця 2.2 - Динаміка хімічного складу укісної маси деяких видів за фазами вегетації

Культура	Фаза вегетації під час збирання	Вміст, % сухої речовини				Каротин, мг/кг сухої речовини
		білку	клітковини	золи	розчинних вуглеводів	
1	2	3	4	5	6	7
Конюшина лучна	Бутонізація	22,20	21,80	7,87	16,18	210,8
	Початок цвітіння	20,76	36,30	6,54	16,76	178,0
	Утворення бобів	17,26	36,90	4,95	18,10	102,1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
Люцерна	Стеблування	22,12	19,37	8,64	14,67	222,4
	Бутонізація	17,12	25,15	7,54	14,64	188,0
	Початок цвітіння	15,75	24,60	6,87	16,70	112,1
	Утворення бобів	13,18	31,41	4,90	16,10	90,30
Тимофіївка лучна	Вихід в трубку	13,06	21,34	7,74	24,74	110,2
	Колосіння	8,62	27,26	5,56	28,57	34,6
	Цвітіння	6,13	28,52	4,86	28,39	70,5
Вівсяниця лучна	Вихід в трубку	15,50	24,40	7,90	26,76	132,4
	Викидання	8,37	27,90	5,12	30,10	77,6
	Цвітіння	7,25	30,74	5,13	31,10	66,6

Таблиця 2.3 – Урожайність сіна та збирання перетравних поживних речовин при скошуванні злакових трав у різні фази їх розвитку, ц/га

Фази розвитку	Урожайність	Органічна речовина	Протеїн
Кушення - вихід в трубку	30,98	23,86	3,0
Колосіння - початок цвітіння	69,53	45,60	4,89
Цвітіння	66,44	41,05	3,71
Плодоношення	63,65	35,62	1,97

## 2.2 Сучасні технології заготівлі грубих кормів

Сіно - вид грубого корму, заготовленого з трав шляхом висушування до вологості не вище 17%.

Висушування трави потребує певного часу, протягом якого проходять складні фізіологічні та біохімічні процеси, а саме: голодний обмін та автоліз.

У процесі голодного обміну одночасно з випаровуванням води відбувається дихання ще живих клітин трав і витрачаються цукру, руйнується

каротин та розпадається частина білків. Процес припиняється при вологості трав 40-50%. Залежно від тривалості голодного обміну втрати каротину можуть сягати 50%, цукру – 20%. Втрати сухої речовини за сприятливої погоди становлять 2–8%, у несприятливу – до 15%. У сиру та дощову погоду цей процес може розтягнутися до кількох діб і втрати поживних речовин будуть дуже значними – до 50%.

Автоліз - це процес, при якому має місце розпад поживних речовин під впливом ферментів та мікроорганізмів. На етапі автолізу втрати сухої речовини за добу у сприятливих умовах сушіння трави досягають 4%, а в несприятливих – 20%. Розпад поживних речовин припиняється, коли вологість трав досягне 17%. За більшої вологості можливий розвиток процесу самозігрівання, результатом якого може стати навіть самозаймання закладеного на зберігання корму. Самозігрівання – результат діяльності у вологому недосушеному сіні мікроорганізмів плісняви та грибів. За 5-7 днів температура підвищується до 40-50°C, сіно набуває бурого або чорного забарвлення, перетравність корму різко падає.

Перелічені процеси керовані, їхня тривалість необхідно звести до мінімального рівня шляхом прискорення пров'ялювання або сушіння трав, досягнення оптимальних значень вологості. Це дозволить зберегти поживні речовини, значно знизити втрати каротину, білка, вуглеводів, мінеральних солей.

Якість сіна багато в чому залежить від сировини. Як корми найкращими є бобові та злакові трави, менш цінні рослини з сімейства осокових та різнотрав'я. Більш повноцінним за вмістом поживних речовин є сіно, заготовлене із суміші різних трав. Наприклад, у бобових трав у суміші зі злаками краще зберігаються при сушінні квіткові головки і листя, які містять вдвічі більше білкових і мінеральних речовин, а каротину в 10-15 разів більше, ніж стебла, а перетравність поживних речовин у них вище на 40 %.

В даний час найбільш поширеною та економічно заможною технологією є заготівля сіна методом природного польового сушіння в розсипному або пресованому вигляді. При заготівлі сіна в розсипному вигляді втрати сухої речовини досягають 35-50%, пресування сіна дозволяє знизити втрати до 30-35%, при цьому забезпечується повна механізація процесу заготівлі.

Технологічний процес заготівлі сіна включає операції: скошування, ворошення, згрібання, підбору з пресуванням, транспортування та складування.

### ***Скошування трав***

Найважливіша умова заготівлі сіна високої якості та інших видів трав'яних кормів – своєчасне скошування трав. Вміст у сіні органічних та мінеральних речовин залежить від фази росту та розвитку рослин. Багаторічні трави найбільш поживні у ранні фази вегетації. Молоді трави містять як повноцінний білок і вітаміни, а й у найбільших кількостях більш прийнятну для тварин клітковину, у якій мало лігніну, завдяки чому вона добре перетравлюється. У міру старіння рослини грубіють, у них збільшується вміст клітковини, лігніну, а також різко знижується кількість білка та інших поживних речовин та вітамінів. Це призводить до помітного зниження перетравності всіх поживних речовин та зменшення поживності сухої речовини заготовлених кормів. Численними дослідженнями та практичним досвідом встановлено, що основною ознакою для початку косіння трав є вміст сирої клітковини в сухій масі на рівні від 21 до 23%. У цьому інтервалі енергетична цінність корму забезпечує отримання тваринницької продукції (молоко) із найменшою собівартістю.

Скошування трав рекомендується проводити в ранній ранковий час – до 9 годин. Дослідженням встановлено, що в цьому випадку швидкість сушіння трав у 2,5-3 рази вища, вміст каротину в 1,5-2 рази вищий, ніж у трави, скошеної у спекотний денний час.

Скошування трав рекомендується здійснювати на висоті 4-6 см. Відхилення у менший бік погіршує умови відростання трав для наступних

укосів та сушіння скошеної маси. Збільшення висоти зрізу спричиняє недобір кормової маси. Врожайність та втрати сіна залежно від висоти скошування трав наведено у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Врожайність та втрати сіна залежно від висоти скошування травостою

Средня висота скошування, см	Збір сіна, ц/га	Втрати сіна, %
Заливні сіножаті		
4,8	31,3	-
7,0	28,8	8,9
9,6	25,8	17,6
Природні сіножаті		
4,5	10,1	-
6,5	9,2	9,0
8,5	8,7	14,0
10,5	6,5	36,0
Тимофіївка		
5,0	56,8	6,0
8,0	51,2	13,2
10,0	48,8	18,3
Їжа збірна		
5,0	40,0	10,0
8,0	33,6	24,1
10,0	31,2	29,2
Конюшина з тимофіївкою		
4,5	15,0	
6,5	13,0	16,0
8,5	11,2	25,0

Бобові трави, особливо люцерну, у перші роки використання рекомендується скошувати не нижче 8...10 см, надалі – 7...8 см.

Для косіння трав застосовують тракторні та самохідні косарки з ротаційними та сегментно-пальцевими ріжучими апаратами.

Сучасні косарки з ротаційними ріжучими апаратами КДН-210; КДН-280; КДН-310; КППН-2,6; КППН-3,1; КПП-3,1; КПП-9, Dusko-3050; Easy Cut 280; 320 та інші закордонного виробництва забезпечують високоякісне скошування всіх видів трав, незалежно від стану травостою, проте витрата палива у 2–2,5 рази вища, ніж у сегментно-пальцевих косарок. Ротаційний різальний апарат складається з бруса, на якому встановлені ротори з шарнірно закріпленими ножами. Окружна швидкість ножів у робочому режимі 70–90 м/с та більше. Такі апарати дозволяють працювати на великих поступальних швидкостях (до 15 км/год) та забезпечують якісний зріз на високоврожайних ділянках.

Сегментно-пальцеві вітчизняні косарки КС-2,1; КПП 4,2; КС-80 та зарубіжні Е-301; Е-302; Е-304 рекомендуються для скошування, в основному, злакових та інших неполеглих травостоїв. При цьому витрата палива знаходиться в межах від 2,5 до 4 кг на гектар за робочої швидкості агрегатів від 4 до 6 км/год. Не рекомендується застосовувати ці косарки на полеглих та високоврожайних травостоях внаслідок забивання ріжучого апарату, поганого скошування та високих втрат травостою.

### *Додаткове обладнання для косарок*

Величина втрат поживних речовин при заготівлі сіна природного сушіння залежить від тривалості процесу польової сушіння і пов'язаної з нею ймовірністю попадання скошеної маси під атмосферні опади.

Існує кілька поширених способів прискорення вологовіддачі рослин та скорочення термінів перебування скошеної маси на полі. Одним із них є використання косарок, забезпечених спеціальним пристроєм додаткової обробки скошених трав – кондиціонером, завданням якого є механічне пошкодження поверхні стебла або листа з метою полегшення процесу вологовіддачі. Завдяки такій обробці швидкість сушіння злакових трав збільшується на 25%, а бобових – на 35%.

Тривалість сушіння трав при плющенні наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Тривалість сушіння трав у прокосі та валці при плющенні та ворошенні, год

Спосіб сушіння	Прокос неплющений	Прокос плющений	Валок плющений	Прокос + валок плющений
Провялювання до 45% вологості				
Без ворущіння	56	33	43	42
Одноразове ворущіння	49	44	-	-
Дворазове зворушення та обертання валків	52	44	47	33
Сушіння до 20% вологості				
Без ворущіння	99	70	76	73
Одноразове ворущіння	86	76	-	-
Дворазове зворушення та обертання валків	91	76	82	69

Відомі два основних типи кондиціонерів – більно-дековий та вальцовий. Кондиціонерами першого типу оснащені косарки КПП-3,1; КПН-2,6; КПН-3,1; КПР-9; КПП-4,3. Набагато менше косарок з плющильними вальцями (морально застарілі косарки КПРН-3А та самохідні типу Е-301-304).

Ефективну обробку злакових трав та травосумішей забезпечують більно-декові кондиціонери, проте вони не можуть застосовуватися при заготівлі бобових трав через сильне оббивання листової частини рослин, бутонів та суцвіть. Для обробки цих видів трав та травосумішей рекомендуються вальцеві плющильні апарати.

При регулюванні плющильного апарату необхідно враховувати, що оптимальне плющення досягається при зазорі між вальцями або бичами та декою в межах 8 мм.

Істотний вплив на умови сушіння трав робить спосіб укладання скошеної маси - у валок або розстилання. Встановлено, що валки масою 8–10 кг/п.м сохнуть у 3–4 рази довше, ніж маса, покладена в прокіс. Тому при заготівлі сіна на ділянках з урожайністю зеленої маси понад 150 ц/га слід робити скошування травостою в розстил. Ділянки з урожайністю зеленої маси 120 ц/га та менше необхідно скошувати у валки.

При збиранні трав навісними косарками, що не мають кондиціонерів, слід скористатися іншим способом прискорення сушіння - ворушенням валків або прокосів.

### ***Ворошіння та зрібання трав***

Втрати врожаю та вміст каротину при ворошенні бобових трав різної вологості наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Втрати врожаю та вміст каротину при ворошенні бобових трав різної вологості

Вологість, %	Втрати врожаю, %	Вміст каротину, мг/кг корму
60	1,0	12
50	1,6	11
40	4,0	10
30	7,5	6

Донедавна зворушення та зрібання трав виконували з використанням універсальних вітчизняних граблів-ворошилок ГВР–6; ГВР-630; ГВР 320/420 або окремими екземплярами спеціалізованих роторних ворошилок-спушувачів зарубіжного виробництва.

При заготівлі кормів із бобових трав не рекомендується ворушити масу вологістю менше 50% через неминучу втрату листя, суцвіть і бутонів. Злакові трави ворушать за їх вологості не нижче 40%. Якщо маса скошена у валок, зворушення можливе до вологості трав 25-30%.



Не менш ефективним, ніж зворушення, є обертання валків граблями або за допомогою навісного валкообертача ВО-3 самохідної косарки КС-80, а також валкообертачем Е-318 після косарок Е-302 або Е-304.

### ***Пресування трав***

Заготівля розсипного сіна дуже трудомісткий процес, що відрізняється низьким рівнем механізації. Тому обсяги заготівлі цього виду корму неухильно знижуються і основна маса сіна заготовляється в пресованому вигляді. Це скорочує в кілька разів потребу в сховищах, зменшує транспортні витрати, підвищує якість і поживну цінність корму за рахунок зниження втрат листя рослин, неминучих при виконанні численних операцій заготівлі розсипного сіна.

Ключовою операцією технології є підбір та пресування валків висушеної до кондиційної вологості (17%) рослинної маси трав та травосумішей.

Зниження витрат енергоресурсів та собівартості корму можна забезпечити за рахунок максимального використання технічної продуктивності прес-підбирачів. Для цього необхідно, щоб валки сіна мали масу 7-9 кг на погонний метр. Їх можна сформувати застосуванням граблів-валкувальника із шириною захвату 3–4 м на угіддях із врожайністю понад 150 ц/га. На угіддях меншої продуктивності рекомендується формувати валки за допомогою широкозахватних граблів (6-7 м), виконувати здвоювання або валки. Прийоми здвоювання валків рекомендуються і для інтенсифікації процесу сушіння трав. Також використовуються рулонні прес-підбирачі з камерами пресування змінного об'єму та постійного тиску (ременні) та з камерою пресування постійного об'єму, де робочим органом є пресувальні ланцюгові транспортери зі качалками. Це прес-підбирачі виробництва ПР-Ф-180, ПР-Ф-145, ПР-Ф-110, ПЗМ-145 та інші.

### ***Навантаження та транспортування сіна***

Навантаження та транспортування рулонів найдоцільніше проводити з використанням спеціалізованих навантажувачів-транспортувальників ТР-Ф-5

та ТП–10. Ці машини в агрегаті з трактором класу 1,4 дозволяють одному механізатору, без залучення додаткових засобів механізації, виконувати операції самонавантаження, транспортування та вивантаження рулонів.

За відсутності навантажувачів-транспортувальників можна використовувати вантажні автомобілі, автопоїзди, тракторні причепи, транспортну платформу ПТК-10 та універсальні тракторні або самохідні навантажувачі з грейферними чи вилковими захватами. У республіці випускаються навантажувачі ПФС-0,75 і ПТС-1, що агрегуються з тракторами "Білорус" тягового класу 1,4 і 2,0, і фронтальний самохідний сільськогосподарський навантажувач "Амкодор 332С" з комплектом спеціальних робочих органів.

### ***Вимоги до якості сіна***

Технології заготівлі сіна повинні забезпечувати відповідність його якісних характеристик вимогам стандарту (ГОСТ 4808–87), згідно з яким сіно підрозділяють на чотири види за ботанічним складом та місцем одержання трави: сіяне бобове, сіяне злакове, сіяне бобово-злакове та сіно природних сінокосів. Сіно не повинно мати затхлого, плісняного та гнильного запахів, повинно містити не менше 83% сухої речовини (вологість не більше 17%), не більше 0,7% золи, нерозчинної в соляній кислоті, нітратів і нітритів – не більше норм гранично допустимих концентрацій (ГДК). Колір бобового та бобово-злакового сіна повинен бути від зеленого та зеленувато-жовтого до світло-бурого; злакового сіна та сіна природних сінокосів – від зеленого до жовто-зеленого та жовто-бурого. У сіні з сіяних трав не допускається наявність шкідливих та отруйних рослин. У сіні природних сінокосів для 1-го класу вміст їх не повинен перевищувати 0,5%, для 2-го та 3-го класів – 1%.

## **2.3 Агротехнічні вимоги під час заготівлі пресованого сіна**

1. Щільність пресування сіна повинні бути рівномірною та залежно від умов регулюватися від 100 до 200 кг/м<sup>3</sup>;

2. На практиці щільність пресування сіна із валків із вологістю маси 20-22% може становити 150-200 кг/м<sup>3</sup>;

3. Тюки та рулони повинні зберігати свою форму та основні розміри при завантаженні в транспортні засоби, перевезенні та у процесі укладання в штабель на тривале зберігання;

4. Робочі органи прес-підбирача не повинні перетирати сіно, оббивати листя та суцвіття трав під час підбору маси з валка, пресування у пакунки та рулони; подання на транспортні засоби чи викиду їх у поле;

5. Втрати сіна під час підбору його з валка, пресування в пакунки та рулони – не більше 2%. Втрати листя, суцвіть трав не допускається;

6. За сприятливої погоди пакунки та рулони з підвищеною вологістю можуть бути досушені в полі протягом 2-3 днів. Якщо погода нестійка, організують досушування сіна методом активного вентилявання. Пресування готового сіна, вологість якого 18% і нижче пов'язане з великими механічними втратами і особливо листової частини. Тому при пересиханні у валках сіно слід пресувати рано-вранці або ввечері, коли воно менш ламке.

При пресуванні сіна ділянки повинні бути чистими від грубостебельчастих та інших бур'янів, які погано висихають і при попаданні в пакунки або рулони викликають пліснявання сіна.

Вологість сіна визначають візуально:

1. 70 ... 50% - Листя підвяли, посвітлішали, стебла зелені і свіжі;
2. 50 ... 40% - Листя м'які, стебла посвітлішали, прив'яли, листя ще не кришаться (ворошення припиняють);
3. 40 ... 30% - М'які стебла, поблікли, черешки листя починають ламатися (реальна можливість втрат листя);
4. 30...25 % - листя висохло, кришиться, черешки листя ламаються, стебла прив'яли, але не ламаються (втрати сухої речовини великі);

5. 25 ... 20% - Гнучкі стебла, при натисканні нігтем сік не виділяється, черешки листя тендітні (втрати сухої речовини значні, підбирати масу слід тільки в нічний час - трави пересушені);

6. менше 20% - стебла ламкі, особливо черешки листя і верхівки рослин (втрати дуже великі).

## **2.4 Розрахунок технологічного процесу**

Для проектування виробничих технологічних процесів у рослинництві розробляється сукупність заходів щодо організації ефективного застосування техніки, засобів технічного та технологічного обслуговування машинно-тракторного парку та окремих машинно-тракторних агрегатів, купа операторів та допоміжних робітників.

Річні обсяги механізованих робіт плануються з урахуванням технологічних норм вирощування окремих сільськогосподарських культур. Принцип такого планування - виявити економічну ефективність виробництва, отримати вихідні дані розробки виробничо-фінансового плану господарства.

При плануванні використання машинно-тракторного парку необхідно враховувати негативні фактори, що впливають на темпи та якість виконання кожної окремої технологічної операції: погодні умови, експлуатаційна готовність машинотракторного агрегату тощо; особливості полів (конфігурація, рельєф, віддаленість засміченість тощо); календарний період та час доби; стан оброблюваного матеріалу (вологість, забрудненість, пошкодженість); а також відповідність агротехнічним вимогам. Ці умови беруться до уваги при доборі техніки, визначенні послідовності виконання технологічних операцій та інших режимів, при систематичному проведенні експлуатаційних регулювань сільськогосподарської техніки.

Вплив погоди оцінюється коефіцієнтом погодності  $K_A$ , який характеризує можливість використання календарного часу під час виконання тієї чи іншої

роботи та залежить від максимально допустимої кількості опадів, що випадають на день.

Експлуатаційна готовність МТА характеризується безвідмовністю та готовністю до роботи. Вона залежить від надійності кожної машини, що входить в агрегат, оцінюється коефіцієнтом готовності  $K_2$ , що являє собою добуток коефіцієнтів готовності енергоджерела (трактора), кожної сільськогосподарської машини та допоміжного обладнання (зчіпки). Коефіцієнти готовності тракторів коливаються не більше від 0,85 до 0,96. На значення впливають стан трактора, конструкція, рік випуску вироблений ресурс та якість технічного обслуговування» стаж механізатора тощо.

Коефіцієнти готовності багатомашинних агрегатів розраховується за формулою:

$$K_{2a} = K_{2m} \cdot K_{234} \cdot K_M \cdot K_{2m}^p \cdot K_{2m}^M, \quad (2.1)$$

де  $K_{2a}$  - коефіцієнт готовності багатомашинних агрегатів;

$K_{2m}$ ,  $K_{234}$ ,  $K_{2m}$  - коефіцієнти готовності трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини відповідно;

$p$  і  $M$  - число сільськогосподарських машин відповідного типу в агрегаті.

Кількість робочих днів  $D_p$  в рекомендованому агротехнікою календарному терміні  $D_k$  визначають за формулою:

$$D_p = D_k \cdot K_n \cdot K_{2a}, \quad (2.2)$$

де  $D_p$  - кількість робочих днів у рекомендованому агротехнікою календарному терміні;

$D_k$  – календарний термін проведення робіт;

$K_n$  – коефіцієнт погодності;

$K_{2a}$  – коефіцієнт готовності МТА

Тривалість роботи протягом дня встановлюється з урахуванням трудового законодавства та кількості змін. У напружені періоди польових робіт МТП посилено працює на дві зміни тривалістю 7 годин кожна. У нашому випадку добова норма роботи становить 10 годин.

Пресоване сіно в рулонах або в тюках, через непередбачуваність погодних умов необхідно відразу вивозити з поля за допомогою енергонасичених транспортних засобів (автопоїзди, трактори К-701 та Т-150К з причепами ЗПТС-12 та ЗПТС-9) та складувати під навісом або шляхом укриття поліетиленовою плівкою.

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Обґрунтування модернізації косарки

Плющильні вальці, що встановлюються на валкових косарках-плющилках, прокочуючи між собою скошену масу, роздавлюють стебла, що прискорює вологовіддачу. Проте, за несприятливих погодних умов плющення може погіршувати якість сіна через вбирання атмосферних опадів, вимивання та окислення поживних речовин.

В останні роки для інтенсифікації сушіння скошеної маси на низці провідних зарубіжних фірм почали випускати ротаційні косарки з оригінальними апаратами, які отримали назву кондиціонерів. Метою вдосконалення є оснащення кондиціонерами, для чого необхідно виготовити спеціальний кожух циліндричної форми.

Принцип роботи кондиціонера полягає в динамічному впливі на скошені рослини білами (рухомих частин кондиціонера). Біли захоплюють скошену масу і протягують її через зазор між кондиціонером і кожухом, при цьому маса пошкоджується і укладається на поле у вигляді спущеного валка, що легко продується.

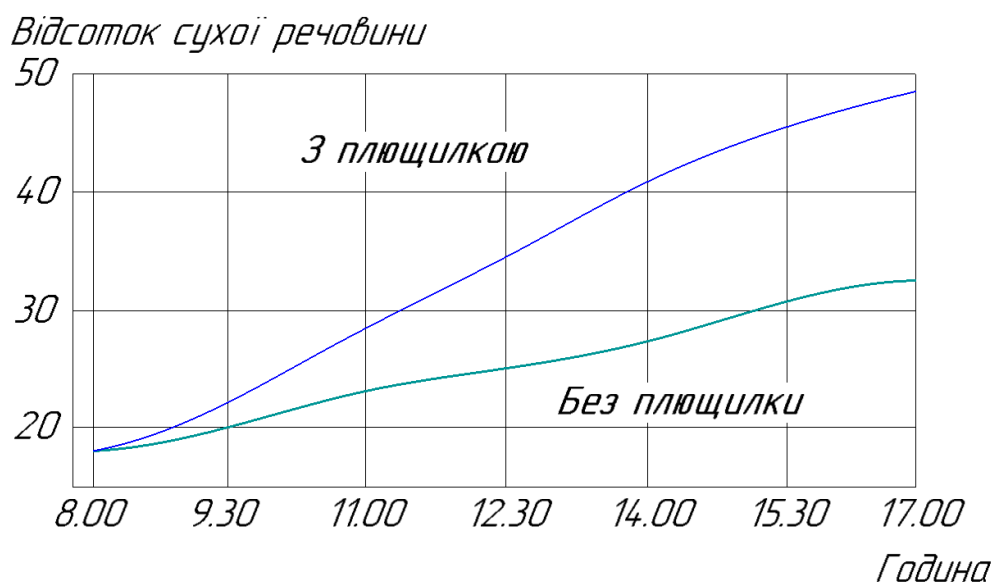
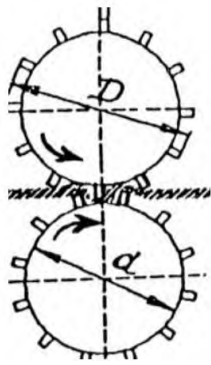


Рис. 3.1 – Частка сухої речовини у скошеній масі.

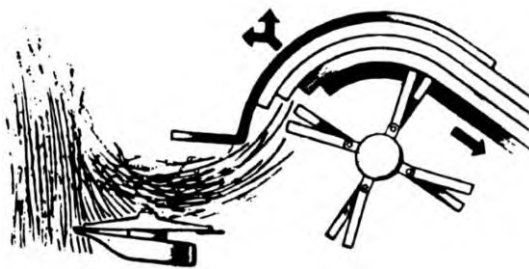


а)

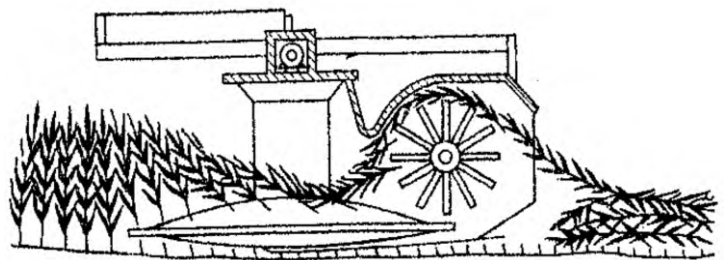


б)

Рис. 3.2 - Плющильні апарати: а - з двома сталевими ребристими вальцями (КПС-5Г, КПРН-3,0); б - з гумовими плющильними вальцями (DISCO 2650 RS (CLAAS, НІМЕЧЧИНА)



а



б

Рис. 3.3 – Схема технологічного процесу ротаційної косарки-плющилки з бильним апаратом обробки зрізаного травостою: а - модель 1320 (JOHN DEERE, США) (Плющильний апарат динамічної дії з шарнірно підвішеними бичами), б – модель 1180 фірми Хестон

В результаті збільшується швидкість висушування і весь технологічний процес заготівлі сіна відбувається протягом одного дня.

### 3.2 Опис пристрою та принципу роботи модернізованої косарки КРН-2,1.

Недоліком косарки КРН-2,1 є відсутність у її конструкції пристрою, що прискорює сушіння скошених трав.



Пропонується провести модернізацію косарки типу КРН, що серійно випускається, шляхом оснащення її спеціальним пристроєм - кондиціонером (рис. 3.4 і 3.5). Кондиціонер складається з двох основних елементів (рис.3.6): ротора з шарнірно закріпленими на ньому билами та напрямного кожуха, що охоплює передню частину ротора на деякій відстані.

Ротор є сталеву трубою, оснащеною хвостовиками і билами. Било - це ударний вузол, що складається з корпусу, обмежувача, осі та двох ножів із пружинної сталі, шарнірно встановлених на осі. Кількість бил під час обертання ротора повинна максимально перекривати робочий простір кожуха, не зачіпаючи один одного.

Привод кондиціонера можна здійснити від валу клинопасової передачі косарки, застосувавши аналогічний конічний редуктор.

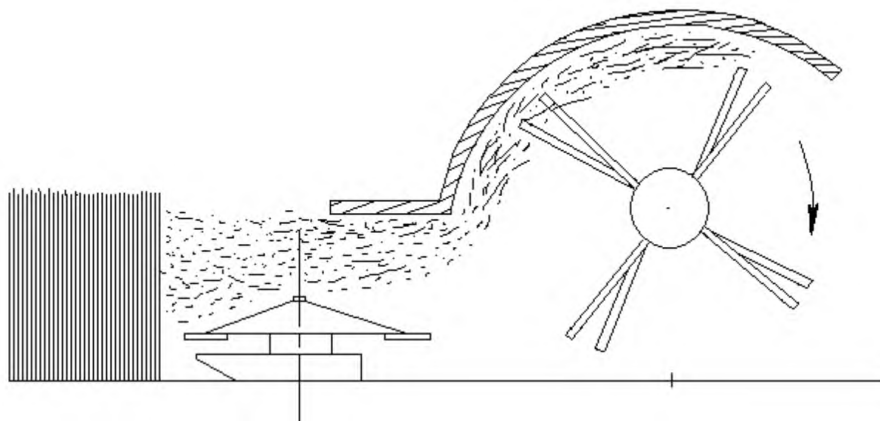


Рис. 3.4 - Схема технологічного процесу роботи косарки з кондиціонером

Зрізані ножами роторів рослини дією відцентрових сил потрапляють у зону дії кондиціонера. Била, що рухаються назустріч скошеній масі з високою швидкістю, захоплюють її і протягують через зазор, утворений внутрішньою поверхнею кожуха та поверхнею, яка описується траєкторіями крайніх точок бил. Під час проходження через зазор маса ушкоджується і укладається на поле у вигляді спущеного легко продуваного валка. Вологовіддача скошених рослин під час обробки бильним кондиціонером збільшується як за рахунок значного зменшення щільності скошеної маси у валку, так і через пошкодження стебел та порушення їхнього зовнішнього воскового шару.

Крім того, кондиціонери динамічної дії важуть, як правило, значно менше, ніж вальцеві плющильні апарати.

Процес зрізання стебел дуже складний, через велику різноманітність об'єктів збирання. Тому на якість роботи різального апарата більший вплив мають технологічні властивості рослин.

Технологічні властивості рослин характеризуються їх біологічними особливостями. Стебла, як правило, мають трубчасту форму з різною міцністю та гнучкістю. Міжвузля посилюють жорсткість стебел. Оскільки внизу їх більше, ніж угорі, знизу стебла міцніші, а вгорі більш гнучкі. Гнучкість дозволяє стеблам нахилитися при дії вітрів, внаслідок чого тиск повітря на них знижується.

Площа перерізу зернових культур у нижній частині за вирахуванням порожнин становить 0,4...0,6 мм<sup>2</sup>, а діаметр 3...5 мм, а степові трави мають стебло діаметром до 0,4 мм, діаметр стебла сіяних трав становить 2...3 мм. Коефіцієнт тертя стебел залежить від вологості та при ковзанні по шліфованій сталі дорівнює 0,25...0,35. Маса зрізаних рослин степових трав у більшій своїй частині розташована внизу стебел. Оскільки властивості рослин різні, то ріжучий апарат під час збирання різних культур показуватиме різну якість роботи. Тому його налаштовують на кінематичний режим відповідний властивостям рослин, що забираються.

Важливим показником, що характеризує властивості рослинної маси є густина стеблостою. Кількість стебел зернових культур на 1 м<sup>2</sup> поля становить 200...800, а кількість стебел трав сягає 10...12 тис. Якість роботи ріжучого апарату на густому стебловому зазвичай вище, ніж при збиранні рідкісних рослин. Пояснюється це тим, що густі стебла створюють взаємний підпір, меншою мірою нахилються, створюють кращі умови для їх чистого зрізу.



рахунок їхньої жорсткості та сили інерції. Сила перерізання  $P$  вільного стебла залежить від швидкості різання  $V_p$ .

При гостроті леза 25...30 мкм та густоті травостою 1000 шт/м<sup>2</sup> для конюшини, наприклад,  $a = 0,80$ ;  $b = 1,40$ ;  $c = 1,71$ . При затупленні леза до 100...120 мкм питома сила різання збільшується на 12...19%. Якість зрізу оцінюється ставленням висоти стерні  $H_{вс}$  до висоти зрізу  $H_{взр}$ . Ця величина завжди більше одиниці. Зі збільшенням швидкості різання коефіцієнт зменшується, а при верхній мінімальній швидкості різання наближається до одиниці, тобто зрізання відбувається практично без відгинання.

У сучасних ротаційних косарках швидкість приймають від 60 до 90 м/с залежно від скошуваного травостою (трави природних сінокосів, заплавної, сіяні, бобові, сіяні злакові).

### 3.3.2 Розрахунок різального апарату

Робота пропонованого ротаційно-дискового апарату характеризується тим, що його ножові сегменти закріплені на диску, беруть участь у двох рухах: у обертовому навколо вертикальної осі з кутовою швидкістю  $\omega$ , і переносному разом із машиною зі швидкістю  $V_m$ .

Для побудови траєкторії руху точок А та В леза визначимо переміщення машини за час  $t$  одного оберта диска:

$$L = V_m \cdot t = V_m \cdot \pi \cdot d / u = \pi \cdot d / \lambda, \quad (3.3)$$

де  $V_m$  - швидкість агрегату ( $V_m = 5$  м/с);

$t$  – час одного оберта диска, с;

$d$  – діаметр диска, м;

$u$  – колова швидкість диска ( $u = 50$  м/с);

$\lambda$  - показник кінематичного режиму.

Показник кінематичного режиму визначається з виразу:

$$\lambda = u / V_m, \quad (3.4)$$

Колову швидкість приймаємо рівною 50 м/с, а швидкість агрегату 5 м/с.

$$\lambda = 50/5 = 10.$$

Під час розрахунку сегментно-дискового апарату, виходячи з особливостей базової моделі косарки КРН-2,1М приймаємо діаметр диска рівним 0,53 м.

Визначаємо подачу:

$$L = 3,14 \cdot 0,53 / 10 = 0,166 \text{ м.}$$

З рис. 3.7 можна зробити висновок, що навіть одне лезо АВ зрізає стебла з досить значної площі, утвореної між циклоїдами, описаними крайніми точками леза. Причому на заштрихованих її ділянках відбувається повторний зріз.

Оскільки на диску встановлено 4 сегменти, що рухаються по такій же траєкторії, як і розглянуте лезо АВ, то ділянки холостого ходу зникнуть та значно збільшаться ділянки повторного зрізу.

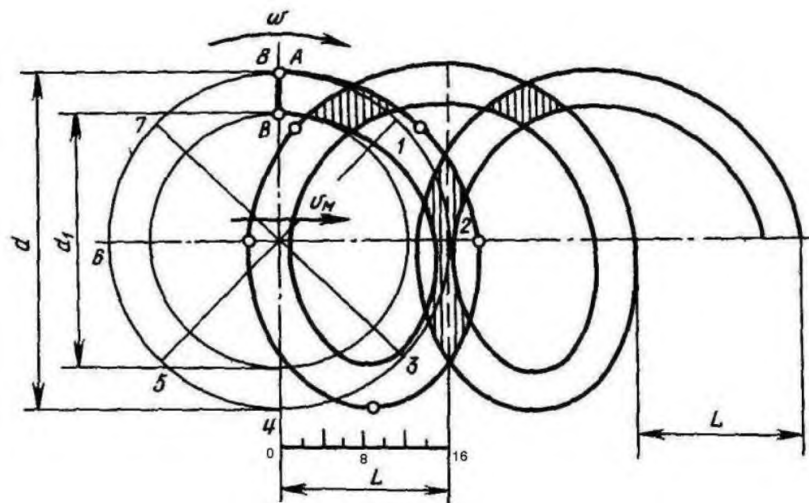


Рис. 3.7 – Схема роботи ротаційного ріжучого апарату

Визначимо подачу для ротаційного ріжучого апарату за формулою:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \quad (3.5)$$

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,265 = 0,166 \text{ м.}$$

Площа подачі:

$$S = L \cdot d, \quad (3.6)$$

$$S = 0,166 \cdot 0,53 = 0,314 \text{ м}^2.$$

Звідси визначаємо навантаження на лезо за формулою:

$$S_n = S/z \quad (3.7)$$

де  $z$  – кількість ножових сегментів на диску,  $z = 3$  шт.

$$S_n = 0,314/3 = 0,0785 \text{ м}^2.$$

Що б не було ділянок, по яких не проходили леза, необхідно мати таке співвідношення між робочою довжиною сегментів  $h$ , їх числом  $z$  та подачею  $L$ :

$$h \geq L/z, \quad (3.8)$$

$$h = 0,042 \text{ м.}$$

Отже, приймаємо робочу довжину ножа не менше 0,042 м.

Визначення потужності для роботи ножа.

Оскільки потужність приводу ножа, у зв'язку з тертям, значно перевищує потужність на зрізання стебел, то витрата енергії на роботу ножа без великої похибки можна визначати за потужністю, що витрачається на подолання сили інерції.

Потужність необхідна для роботи ножа визначаємо за такою формулою:

$$N = \frac{m_n \cdot r^2 \omega^3}{2000}, \quad (3.9)$$

де  $\omega$  - колова швидкість ножа,  $\text{сек}^{-1}$ ;

$m_n$  - маса ножа,  $m_n = 0,15$  кг.

$$\omega = u/r, \quad (3.10)$$

$$\omega = 50/0,265 = 188,679.$$

$$N = \frac{0,15 \cdot 0,265^2 \cdot 188,679^3}{2000} = 0,354 \text{ кВт.}$$

Повну потужність визначимо за такою формулою:

$$N_n = N \cdot n_n, \quad (3.11)$$

де  $n_n$  – число ножів на косарці ( $n_n = 12$ ).

$$N_n = 0,354 \cdot 12 = 5,6 \text{ кВт.}$$

### 3.3.3 Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані для розрахунку:

- Потужність, яка передається  $N_n = 5,6$  кВт;

- Частота обертання приводу  $n_{np} = 1800$  об/хв;
- Передатне відношення  $i = 1,12$
- коефіцієнт проковзування ременя  $\varepsilon = 0,015$ .

По монограмі залежною від частоти обертання 1800 і переданої потужності  $N_n = 5,6$  кВт, приймаємо переріз клинового ременя - ремінь типу Б.

Обертаний момент:

$$M = N_n / \omega, \quad (3.12)$$

$$\omega = (\pi \cdot n_{np}) / 30, \quad (3.13)$$

$$\omega = (3,14 \cdot 1800) / 30 = 188,6 \text{ рад/с}$$

$$M = 0,56 \cdot 10^3 / 188,6 = 3,5 \text{ Н}\cdot\text{м} = 2,96 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Діаметр малого шківів визначаємо за формулою:

$$d_1 = (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{M}; \quad (3.14)$$

$$d_1 = (3 \div 4) \cdot \sqrt[3]{2,96 \cdot 10^3} \approx 113,76 \text{ мм}.$$

З урахуванням того, що діаметр шківів для ременя перерізу Б повинен бути не менше 125 мм, приймаємо  $d_1 = 125$  мм.

Діаметр великого шківів:

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

$$d_2 = 1,1 \cdot 125 \cdot (1 - 0,015) = 135,4 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $d_2 = 140$  мм.

Уточнюємо передатне відношення:

$$i = d_2 / d_1 \cdot (1 - \varepsilon), \quad (3.16)$$

$$i = 140 / 125 \cdot (1 - 0,015) = 1,1.$$

При цьому кутова швидкість валу:

$$\omega_b = \omega / i_p \quad (3.17)$$

$$\omega_b = 188,6 / 1,1 = 207,5 \text{ рад/с}$$

Міжосьову відстань  $A_p$  слід прийняти в інтервалі:

$$A_{min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_0, \quad (3.18)$$

$$A_{min} = 0,55 \cdot (125 + 140) + 8 = 151 \text{ мм}.$$

$$A_{max} = d_1 + d_2, \quad (3.19)$$

$$A_{max} = 125 + 140 = 265 \text{ мм.}$$

де  $T_o = 8$  мм - висота перерізу ременя.

Розрахункова довжина ременя:

$$L = 2 \cdot A_p + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + (d_1 - d_2)^2 / 4 \cdot A_p \quad (3.20)$$

$$L = 2 \cdot 400 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (125+140) + (140-125)^2 / 4 \cdot 400 = 4365 \text{ мм.}$$

Найближче значення – за стандартом  $L = 4500$  мм.

Кут обхвату меншого шківa:

$$L_1 = 180^\circ - 57 \cdot ((d_1 - d_2) / d_p), \quad (3.21)$$

$$L_1 = 180^\circ - 57 \cdot ((140-125) / 350) = 177^\circ$$

Коефіцієнт режиму роботи, що враховує умову експлуатації передачі для приводу косарки при однозмінній роботі  $C_p = 1,0$ .

Коефіцієнт, що враховує вплив довжини ременя  $C_L$ . Для ременя перерізу Б за довжини  $L = 4500$  мм коефіцієнт  $C_L = 0,98$ .

Коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату  $C_\alpha = 0,95$ .

Коефіцієнт, що враховує кількість ременів у передачі, припускаючи, що їх кількість у передачі становить 1. Приймаємо коефіцієнт  $C_z = 0,95$ .

Кількість ременів у передачі визначаємо за формулою:

$$Z = (P \cdot C_p) / (P_o \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z), \quad (3.22)$$

$$Z = (0,55 \cdot 1) / (1,41 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,95) = 0,84.$$

де  $P_o$  – потужність, що передається одним ременем, кВт.

Приймаємо  $Z=1$ .

Натяг гілки клинового ременя визначимо за формулою:

$$F_o = (850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L) / (Z \cdot V \cdot C_\alpha) + Qv^2, \quad (3.23)$$

де  $V$  - швидкість ременя, м/с.

$$V = 0,5 \cdot \omega_d \cdot d_1, \quad (3.24)$$

$$V = 0,5 \cdot 188,6 \cdot 0,125 = 11,78 \text{ м/с.}$$

де  $Q$  - коефіцієнт, що враховує вплив відцентрових сил.

Для ременя перерізу Б коефіцієнт  $Q = 0,10 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$ .

$$F_o = (850 \cdot 0,5 \cdot 0,95) / (1 \cdot 11,78 \cdot 0,95) = 65,5 \text{ Н}$$



Тиск на вали визначимо за формулою:

$$F_g = 2 \cdot F_o \cdot Z \cdot \sin L1/2, \quad (3.25)$$

$$F_g = 2 \cdot 65,5 \cdot 1 \cdot \sin 78^\circ = 128 \text{ Н.}$$

Ширина шківів  $B_{ш}$ :

$$B_{ш} = (Z - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (3.26)$$

$$B_{ш} = (1-1) \cdot 15 + 2 \cdot 13 = 26 \text{ мм.}$$

Робочий ресурс ременів:

$$H_o = N_{оц} \cdot (L_p / (60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1)) \cdot ((6+1)/\sigma_{max}) \cdot C_i \cdot C_n \quad (3.27)$$

$$H_o = 4,6 \cdot 106 \cdot (4500 / (60 \cdot 3,14 \cdot 125 \cdot 1800)) \cdot (7/17,5) \cdot 1,48 \cdot 2 = 2890 \text{ год}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{32} + \sigma_v \quad (3.28)$$

$$\sigma_1 = F_1 / (b \cdot v), \quad (3.29)$$

$$\sigma_1 = 100 \cdot 5 / (8 \cdot 13) = 4,78$$

Напруження від згину ремня:

$$\sigma_{32} = E_{32} \cdot (V/d_1), \quad (3.30)$$

$$\sigma_{32} = 150 \cdot (8/100) = 13.$$

Напруження від відцентрової сили:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6}, \quad (3.31)$$

$$\sigma_v = 110 \cdot 7,85^2 \cdot 10^{-6} = 0,67 \text{ МПа.}$$

### 3.3.4 Розрахунок ширини передньої частини бруса

Розрахункова допустима ширина передньої частини бруса  $b_g$  (рис.3.5) визначається за кутом повороту ротора  $\theta$ , який відповідає точці А перетину двох сусідніх траєкторій руху ножів:

$$b_g \leq \frac{[r \cdot \theta - R \cdot \sin \theta - \pi r (z+1) / z]}{R + r - \pi r / z}, \quad (3.32)$$

Практично параметр повинен бути дещо меншим за розрахунковий, тому що під час роботи косарки на передню частину бруса налипає земля і рослинні залишки. Поправка, що рекомендується:

$$\Delta b = (0,5 \div 1,5) \cdot 2\pi r / z, \quad (3.33)$$

$$\Delta b = 1,5 \cdot 2 \cdot 0,265 / 3 = 0,265 \text{ м.}$$

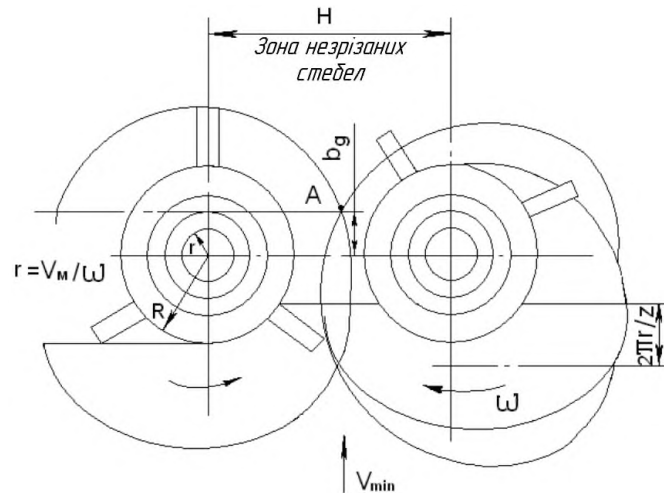


Рис. 3.7 – Схема розрахунку допустимої ширини передньої частини бруса ріжучого апарату

### 3.3.5 Розрахунок параметрів кондиціонера

У своєму абсолютному русі крайні точки бил описують трохоїди. За один оберт ротора його вісь під час руху агрегату переміститься на відстань:

$$x = 2\pi \cdot \vartheta_i / \omega, \quad (3.34)$$

де  $\vartheta_i$  - швидкість агрегата, м/с;

$\omega$  - кутова швидкість ротора,  $\text{с}^{-1}$ .

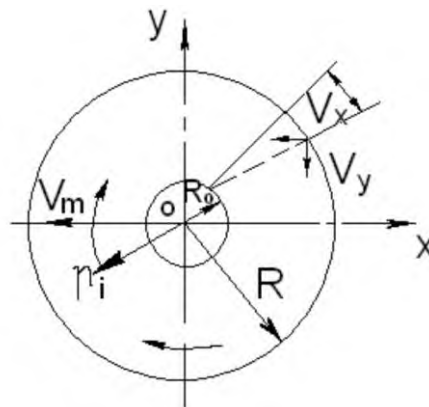


Рис. 3.8 - Схема руху била кондиціонера

Під час обробки скошеної маси било робить коливальні рухи, відхиляючись на кут  $\Psi$ . Лінійна швидкість будь-якої точки била:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= R_0 \cdot \sin \omega t + l_i \cdot \cos(\omega t - \psi) \\ y_i &= -R_0 \cdot \sin \omega t + r \omega t + r \omega t - l_i \cdot \sin(\omega t - \psi) \end{aligned} \right\}, \quad (3.35)$$

де  $r$  - радіус утворюючого кола циклоїди, м.

$l_i$  - відстань від шарніра кріплення била до розглянутої точки на ньому, м.

$R_0$  - радіус ротора (точка підвісу била), м.

У процесі роботи било робить вимушені коливання, тобто ротор є подвійним фізичним натягувачем.

Рух била описується рівнянням:

$$\psi + R_0 \cdot \omega^2 \cdot \psi / l_{\bar{o}} = 0, \quad (3.36)$$

де  $l_{\bar{o}}$  - довжина била, м.

$$\psi = \alpha \cdot \cos(\gamma t + \theta), \quad (3.37)$$

де  $\gamma$  і  $\alpha$  - частота і амплітуда коливань била;

$\theta$  - початкова фаза.

За умови, що удар по оброблюваному матеріалу миттєвий, а початкове відхилення била дорівнює нулю, амплітуда становитиме:

$$\alpha = \psi / \gamma, \quad (3.38)$$

де  $\psi$  - початкова швидкість, м/с.

Із закону збереження енергії для не пружного удару, швидкість била після удару розраховується за формулою:

$$\mathcal{G}_i = m_{\bar{o}} \cdot (\omega \cdot R + \alpha \cdot \gamma \cdot l_{\bar{o}}) / (m_{\bar{o}} + m_m), \quad (3.39)$$

де  $R$  – відстань від осі обертання барабана до кінця била, м;

$m_{\bar{o}}$  - маса била, кг;

$m_m$  - маса порції захопленого матеріалу, кг.

$$m_{\bar{o}} = m_m \cdot (\omega \cdot R - \alpha \cdot \gamma \cdot l_{\bar{o}}) / (z \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot l_{\bar{o}}), \quad (3.40)$$

$$m_m = W \cdot B \cdot \mathcal{G} \cdot k / z_n, \quad (3.41)$$

де  $W$  – врожайність, кг/м<sup>2</sup>;

$B$  – ширина захвату косарки, м;

$\mathcal{G}$  - швидкість руху косарки, м/с;

$z$  - кількість бил, шт.

Для розрахунку частоти коливань біла, діаметра ротора  $D_p$  по кінцях бил, частоти обертання  $n$ , за умови швидкості обробки скошеної маси в межах 18 – 25 м/с, слід скористатися залежностями:

$$\gamma = \omega \cdot (R_0 / l_0)^{1/2}; \quad (3.42)$$

$$D_p = 2 \cdot R_0 \cdot (1 + k^2); \quad (3.43)$$

$$n = (18 \dots 25) \cdot 60 / (\pi \cdot D_p). \quad (3.44)$$

### 3.4 Міцнісні розрахунки

#### 3.4.1 Розрахунок міцності шпонкових з'єднань.

Розміри шпонок і пазов, довжину шпонок приймаємо за ГОСТом 24071-80. Матеріал шпонок – сталь 45 нормалізована.

$$\sigma_{зм} = 2 \cdot T / (d \cdot e \cdot (h - t_1)) \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.45)$$

Допустимі напруження зминання при сталій ступиці  $[\sigma_{зм}] = 100 \div 120$  МПа, ведучий вал  $d = 19$  мм; момент  $T_1 = 60,9 \cdot 10^3$  Н·мм. Для відносно тонких валів діаметром до 44 мм допускається встановлення сегментних шпонок  $b \times h \times d$ , де  $b$  – ширина шпонки, ( $b = 8$  мм);  $h$  – висота шпонки, ( $h = 8$  мм);  $L_{шп}$  – довжина шпонки, ( $L_{шп} = 19$  мм).

Шпонкове з'єднання перевіряємо на зминання:

$$\sigma_{зм} = (2 \cdot 60,9 \cdot 10^3) / (19 \cdot 19 \cdot (8-3)) = 110,8 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}].$$

Перевіряємо шпонку на зріз:

$$\tau_{зр} = 2 \cdot T / (d \cdot L \cdot b) < [\tau_{зр}] \quad (3.46)$$

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot [\sigma_{зм}], \quad (3.47)$$

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр} = 2 \cdot 60,9 \cdot 10^3 / (19 \cdot 19 \cdot 6) = 56,23 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 72 \text{ МПа}.$$

Міцність шпонки на зминання та зріз забезпечують: вал, розміри перерізу шпонки і паза та довжину січення за ГОСТом 23360-78. Матеріал шпонки – сталь 45 нормалізована.

Напруження зминання і збільшення міцності:

$$\sigma_{змmax} = 2 \cdot T / (d \cdot (h - t_1)) \cdot (L - b) < [\tau_{зр}] \quad (3.48)$$

Допустимі напруження при сталій ступиці  $[\sigma_{зм}] = 120$  МПа,  $D_s = 26$  мм,  $b \times h = 8 \times 6$  мм,  $t_1 = 3,0$  мм, довжина шпонки  $L_{шп} = 25$  мм при довжині ступиці колеса 30 мм

$$\sigma_{зм} = 2 \cdot 70 \cdot 10^3 / (26 \cdot (6-3) \cdot (25-8)) = 105,5 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}].$$

### 3.4.2 Розрахунок підшипників на довговічність.

Приймаємо навантаження на підшипник рівну половині сили  $T$  на важелі від зрізу, на пересування ножів. Динамічна навантаження  $C = 28,1$  кН; статична  $C_0 = 14,6$  кН.

Еквівалентне навантаження на підшипник визначаємо за формулою:

$$P_e = (X \cdot V \cdot P_r + PA) \cdot K_b \cdot K_m, \quad (3.49)$$

де  $X$  - коефіцієнт радіального навантаження, ( $X = 1$ );

$V$  – радіальне навантаження, Н;

$PA$  - осьове навантаження, ( $PA = 0$ );

$K_b$  - коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження, (навантаження із сильними ударами,  $K_b = 2,5$ );

$K_m$  – температурний коефіцієнт, ( $K_m = 1$ ).

$$P_e = 1 \cdot 1 \cdot 4911 \cdot 1,8 \cdot 1 = 8840 \text{ Н.}$$

На довговічність розраховуємо за формулою:

$$L = (C / P_e)^3, \quad (3.50)$$

$$L = (28,1 / 8,84)^3 = 32,1 \text{ млн.об.}$$

Розрахункова довговічність:

$$L_h = 106 \cdot 32 / 60 \cdot 400 \cdot K_u = 2676,4 \text{ год.} \quad (3.51)$$

де  $K_u$  - коефіцієнт неповності повороту кільця,  $K_u = 0,5$ .

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Аналіз травматизму для підприємства**

В інженерній службі господарства передбачена посада інженера техніки безпеки. До його обов'язків входить перевірки техніки безпеки на всіх виробничих ділянках, організація робіт з безпеки праці тощо. Спільно зі спеціалістами структурних підрозділів він розробляє комплексний план покращення умов охорони праці. У його віданні перебуває контроль заявок коштом індивідуального захисту, контроль над правильністю та своєчасністю видачі спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту.

Інженер з техніки безпеки веде журнал травматизму, та кожен нещасний випадок розглядається з його безпосередньою участю.

Відповідно ГОСТу 12,0.004-90 у господарстві організовано наступну форма навчання робітників:

1. Вступний інструктаж з головними фахівцями проводить керівник підприємств за участю інженера з техніки безпеки;
2. Первинний на робочому місці. Проводять начальники дільниць чи бригадири;
3. Повторний;
4. Позаплановий;
5. Цільовий.

Інструктаж оформляють у журналі із зазначенням дати інструктування, відомості про інструктованих та інструктора з їх підписами.

Вся документація щодо реєстрації інструктажів зберігається до закінчення потреби у посадових осіб, відповідальних за проведення інструктажу.

Показники виробничого травматизму у господарстві відображені у таблиці 4.1.

Щоб дати аналіз травм, розрахуємо наступні показники виробничого травматизму:

Коефіцієнт частоти  $K_q$ :

$$K_q = P / R \cdot 1000 \quad (4.1)$$

де  $P$  - кількість постраждалих від травм, чол;

$R$  - середньооблікова кількість працюючих, чол.;

1000 – у середньому для 1000 працюючих.

Таблиця 4.1 – Показники виробничого травматизму

Показник	По господарству		
	2020	2021	2022
1. Середньооблікова кількість працюючих	220	225	232
2. Кількість постраждалих всього, чол	5	4	5
2.1 у тваринництві, чол	2	1	3
2.2 у рослинництві, чол	1	1	1
2.3 у ремонтній майстерні, чол	1	2	-
2.4 в автопарку, чол	1	-	1
2.5 у конторі, чол	-	-	-
3. Тимчасова непрацездатність, днів	85	110	96
4. Коефіцієнт частоти	22,7	17,8	21,5
5. Коефіцієнт важкості	17,0	27,5	19,2
6. Коефіцієнт втрат	385,9	489,5	412,8

Коефіцієнт тяжкості травм  $K_m$ :

$$K_m = D/P \quad (4.2)$$

де  $D$  – сумарна кількість днів непрацездатності.

Коефіцієнт втрат робочого часу  $K_n$ :

$$K_n = K_q \cdot K_m \quad (4.3)$$

Головними причинами травматизму є порушення виробничої дисципліни та нехтування елементарними правилами техніки безпеки.

#### **4.2 Стан техніки безпеки у господарстві**

Важливим недоліком випуску транспортних засобів на лінію є відсутність обладнаного посту. Огляд проводиться біля місць паркування транспорту.

Найчастіше автомобілі виїжджають на лінію без огляду. У тракторів та тракторних причепів огляд проводиться рідко і зазвичай експлуатуються без звукової та світлової сигналізації. На механізмах та агрегатах відсутні засоби захисту та безпеки. Дещо краще йде справа з електроустановками та захистом від електричного струму. Майже всі механізми мають різні види заземлення. До найнебезпечніших ділянок відноситься механізований струм. На багатьох ділянках не проводяться випробування підйомно-транспортного обладнання, недостатня кількість підставок, багато електропускатів, вимикачі в аварійному стані.

Вантажно-розвантажувальні механізми мають несправну пускову систему, а також зупинну та аварійну. На гідрофікованих підйомниках немає обмежувачів підйому, а також обмежувальних ґратів.

#### **4.3 Стан виробничої санітарії**

Не всі виробничі приміщення відповідають санітарним та будівельних норм. Так у автомобільному гаражі відсутня система вентиляції, у тракторному гаражі вона перебуває у несправному стані.

Норми вмісту  $CO_2$  на початку та наприкінці зміни перевищують усі ГДК. На виробничі ділянки відсутні теплі санвузли. Відсутні або знаходяться в розграбованому стані душові та кімнати відпочинку, також відсутні роздягальні.



Усі працюючі щорічно проходять профогляд у районній лікарні, де виявляються професійна приналежність до виконання робіт за станом здоров'я. Робочі пов'язані з отрутохімікатами проходять медогляд 2 рази на рік.

Спецодяг, спецвзуття, засобами індивідуального захисту забезпечуються в повному обсязі.

#### **4.4 Оцінка безпеки та розробка заходів щодо безпечної експлуатації модернізованої косарки КРН-2,1**

1) Не допускати до роботи осіб, які не мають посвідчення на керування трактором.

2) Перед початком руху або пуском косарки необхідно переконатися, що зазначені дії не загрожуватимуть будь-кому.

3) Не дозволяти людям перебувати попереду косарки під час роботи на місці та під час руху по полю.

4). Не ремонтувати і не регулювати машину під час руху та на стоянці при працюючому двигуні.

5) Косарка на зберігання повинна встановлюватися на спеціальні підставки або тверді рівні основи, що забезпечують стійкість.

6) Дотримуватись правил техніки безпеки при знаходженні біля не огорожених шківів і валів, що обертаються.

7) Не допускається робота з несправним інструментом, розщепленими ручками молотка, голівкою зубила і т.д.

8) Забороняється під час роботи косарки змащувати підшипники.

9) Не можна працювати в незручному чи розвивається одязі.

10) Не палити на тракторі поблизу хлібної маси.

11) Щоб уникнути поранення рук при заміні ножа одягати рукавиці та направляти ніж у ротор тільки дерев'яною палицею-оправкою. Не зчищати масу з різального апарата руками.

12) Для запобігання загорянню маси, а також для зменшення зносу ременів не допускати буксування клинопасової передачі

13) У разі зупинки косарки відразу ж вимкнути робочі органи, усунути причину буксування і лише після цього продовжити роботу.

14) При виконанні робіт у зоні ріжучого апарату косарку підняти в крайнє верхнє положення та спеціальними упорами заблокувати гідроциліндри.

#### **4.5 Заходи безпеки під час заготівлі грубих кормів**

1) Скидання сіна проводиться при швидкості вітру не більше 6 м/с.

2) Перед початком робіт скирдоправи повинні пройти медичне огляд на допуск на роботу на висоті.

3) Швидкість пересування копицетателя з вантажем має перевищувати 3 км/год, без вантажу – 17 км/год.

4) Стягувальні пристрої повинні забезпечувати стягування маси за один прийом. Кінці тросів повинні досягати гака трактора не ближче 3 м і не далі 4м.

#### **4.6 Аналіз стану пожежної безпеки**

Пожежна безпека у господарстві перебуває у незадовільному стані. Основні причини пожеж у полі - іскри, що вилітають із вихлопних труб двигунів тракторів комбайнів, автомобілів та інших машин, попадання соломи та трави на нагріті частини двигунів, необережне поводження з вогнем, порушення заходів протипожежної безпеки.

Для організації пожежної та сторожової охорони, постійного контролю та керівництва роботою з гасіння та попередження можливих пожеж у сільській місцевості має бути відповідальна особа у кожному господарстві. У з метою посилення роботи з попередження пожеж та боротьби з ними організують добровільні пожежні дружини.

Усі особи, які знову надходять на роботу в господарство, повинні бути проінструктовано про заходи пожежної безпеки.

Відповідальність за протипожежний стан на тій чи іншій ділянці покладається персонально на бригадирів, завідувачів майстерень, керуючих відділеннями (радгоспів) тощо.

Двигуни тракторів, самохідних шасі та самохідних машин повинні утримуватися в повній справності і чистоті. Особливо слід стежити за чистотою колектора та вихлопної труби. Не допускати їх забруднення пилом, паливом, соломою, сіном тощо. Потрібно стежити за справністю прокладок між колектором та блоком.

Не можна допускати патьоків масла та палива в двигуні. Одна з основних вимог – треба застосовувати лише справні машини, що обладнані комплектом протипожежних засобів.

Під час роботи машин не можна допускати намотування соломи на частини елементів обертових машин, на вали і шківні пасових і ланцюгових передач. Внаслідок тертя намотаних на рушійні частини сухих стебел рослин може виникнути загоряння та пожежа.

Не можна ремонтувати і очищати паливопроводи, що засмітилися, якщо двигун працює або не охолонув після зупинки.

У разі займання нафтопродуктів на тракторі забороняється заливати їх водою. У цьому випадку гасити вогонь над вогнегасником, закидати землею, піском, накривати повстю, брезентом. Трактори, зайняті на заготівлі кормів, мають працювати із закритими капотами. Під час збирання треба ретельно стежити за справністю електроустаткування та електропроводки. Найменша помилка може завдати шкоди.

Якщо необхідний тривалий ремонт машин під час заготівлі грубих кормів їх слід відвести від трав'яного масиву на відстань не менше 30 м, місце ремонту опакати (не менше 4 м).

Не можна під час грози заправляти трактори та інші машини заправних пунктах, зберігати паливо та олії біля скірт соломи та сіна. Забороняється розводити багаття, курити і кидати недопалки в недозволених місцях.

#### 4.7 Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

Аналіз розвитку сучасних засобів масового ураження показує, що у разі розв'язування ймовірних супротивників ядерної війни ефективність захисту населення багато в чому залежатиме від якості заходів цивільної оборони у сільській місцевості. Тут створюються необхідні умови для прийому евакуйованого населення та його подальшої життєдіяльності.

Стійке функціонування сільськогосподарського виробництва покликане забезпечити життєдіяльність не лише сільського населення, а й прибув із міст з евакуації.

У планах економічного та соціального розвитку важливе місце займають питання підвищення стійкості функціонування сільськогосподарського виробництва в екстремальних умовах як мирного, так і воєнного часу.

Усі заходи, створені задля забезпечення стійкості функціонування сільськогосподарського виробництва на екстремальних умовах, доцільно планувати та здійснювати з таким розрахунком, щоб вони якомога більшою мірою збігалися з прогресивними тенденціями розвитку народного господарства і, таким чином, щоб максимум результатів досягався за мінімальних витрат спеціальних коштів на цивільну оборону.

Основними напрямками підвищення стійкості функціонування сільськогосподарського виробництва у воєнний час є:

- захист робітників, колгоспників, членів їх сімей, евакуйованого населення від зброї масового ураження;
- забезпечення життєдіяльності населення;
- раціональне розміщення об'єктів сільськогосподарського виробництва;
- підготовка об'єктів сільськогосподарського виробництва до роботи в умовах воєнного часу;
- підготовка до виконання робіт з відновлення об'єктів сільськогосподарського виробництва за умов воєнного часу;

- підготовка системи управління сільськогосподарським виробництвом для вирішення завдань воєнного часу.

Радикальним засобом підвищення стійкості сільського електропостачання є застосування замість повітряних ліній, підземних кабельних, які не ушкоджуються ударною хвилею та світловим випромінюванням, не бояться ураганних вітрів, зледенінь, грозових перенапруг. Однак, поки що задовольнити сільське господарство кабельною продукцією найближчим часом неможливо. Отже, потрібно максимально підвищити стійкість роботи повітряних ліній електропередач, а також передбачити автономні джерела електропостачання, використання тракторних двигунів замість електромоторів, створення резервних дизельних електростанцій малої потужності.

Оцінюючи стійкості функціонування енергетичних систем машинно-тракторного парку слід основну увагу приділити питанням постачання паливом та ПММ, оскільки їх відсутність може повністю паралізувати роботу резервних джерел енергопостачання (резервних дизелів, пересувних електростанцій, котелень, які використовують як паливо нафтопродукти), а машинно-тракторний парк, що залишився без палива приречений на бездіяльність.

У цьому випадку потрібно передбачити можливість переведення частини споживачів на місцеві види палива (вугілля, дрова, торф, газ тощо).

Основу всіх заходів щодо стійкості становить захист населення:

- проектування та будівництво захисних споруд;
- накопичення фонду засобів індивідуального захисту;
- підготовка заміської зони з урахуванням евакуаційних заходів;
- забезпечення життєдіяльності населення в заміській зоні.

Фонд захисних споруд у сільській місцевості невеликий і складає поки що лише найпростіші укриття. А з урахуванням евакопоселення потреба в захисних споруд різко зростає. В цьому випадку можна і потрібно використовувати великі можливості збільшення фонду ПРУ на об'єктах сільськогосподарського виробництва, і здійснити це за мінімальних витрат

(дообладнання до норм ПРУ підвалів, льохів та інших заглиблених приміщень, будівництво найпростіших укриттів силами еваконаселення з використанням підручних матеріалів).

Поряд із укриттям населення у захисних спорудах, все населення має бути забезпечено індивідуальними засобами захисту. З метою наближення засобів індивідуального захисту до споживачів та скорочення термінів їхньої видачі потрібні складські приміщення. Це особливо важливо для районів, що безпосередньо прилягають до хімічно небезпечних міст та об'єктів, які виробляють або використовують у технології сильнодіючі отруйні речовини.

Підготовка заміської зони з урахуванням евакозаходів має проводитися заздалегідь і включати:

- дослідження населеного пункту, призначеного для розміщення об'єкта (населення), його можливості (паливо-енергетичні ресурси, наявність житлового фонду, захисних споруд, стан доріг та мостів, можливості засобів зв'язку, наявність складських приміщень для розміщення вивезених матеріальних цінностей та ін.);

- накопичення в заміській зоні житлового фонду підприємств (будинки відпочинку, профілакторії, туристичні бази, табори для дітей тощо);

- розгортання дубльованих цехів та підприємств.

Під час виконання евакозаходів кількість населення у заміській зоні різко зростає, тому для забезпечення життєдіяльності населення необхідно передбачити наступне:

- забезпечення всього населення продуктами харчування та предметами першої необхідності;

- медичне забезпечення;

- організацію навчального процесу;

- працевлаштування евакуйованого населення;

- підготовку невоєнізованих формувань ТО для ведення робіт не лише у сільській місцевості, а й на промислових об'єктах сусіднього міста.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для спроектованої конструкції визначаємо: витрати на виготовлення, капітальні вкладення, експлуатаційні витрати, збільшення доходу від запровадження конструкції, рентабельність проекту, термін окупності.

### 5.1 Розрахунок собівартості

Повна собівартість модернізованої косарки – кондиціонера визначається шляхом калькуляції та підсумовування наступних статей витрат:

1. Основні матеріали.
2. Покупні вироби.
3. Основна заробітна плата з відрахуваннями.
4. Загальнозаводські витрати.
5. Позавиробничі витрати.

Визначаємо витрати за вказаними статтями.

Вартість основних матеріалів розраховується за специфікацією, виходячи з переліку деталей власного виготовлення, їх кількості, ваги, виду матеріалів та оптових цін за одиницю матеріалу. Розрахункова вартість основних матеріалів збільшується на вартість інших матеріалів розмірі 5-7 % вартості основних матеріалів на деталі власного виготовлення. Результати розрахунків наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок вартості основних матеріалів

Назва матеріалу	Маса, кг	Оптова ціна, грн/кг	Сума, грн
Сталь листова	22	58	1276
Труба	10	64	640
Шестигранник	3	65	195
Інші матеріали			2500
Всього:			4845

Вартість покупних виробів розраховується за специфікацією виробів, виходячи з виду та марки купованих виробів, їх кількості та ціни за одиницю.

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок вартості покупних виробів

Вироби	Кількість, шт	Ціна, грн/кг	Сума, грн
Редуктор	1	5000	5000
Ремінь	1	300	300
Підшипник 806	2	240	480
Кріпильні засоби			400
<b>Всього:</b>			<b>6280</b>

Основна заробітна плата з відрахуваннями визначається за такою формулою:

$$C_{осн} = Z_o + Z_d + O_c + K_p, \quad (5.1)$$

де  $Z_o$  - зарплата основних виробничих робітників, грн.;

$Z_d$  – додаткова зарплата (25% від основної), грн.;

$O_c$  - єдиний соціальний податок (20,6% від суми  $Z_o$  та  $Z_d$ ), грн.;

$K_p$  – районний коефіцієнт (30% від  $Z_o$ ), грн.

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок основної заробітної плати на виготовлення установки

Професії	Трудомісткість, люд.-год.	Ставка, грн/год	Сума, грн
Токар	8	108	948
Фрезерувальник	5	106	580
Слюсар-складальник	12	102	1232
Зварювальник	20	110	2200
<b>Всього:</b>			<b>4830</b>



Таким чином, основна заробітна плата складає:

$$C_{OCH} = 4830 + 1207 + 1243 + 1449 = 8729 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати приймають у розмірі 90-100% від основної заробітної плати і складають  $C_{ЗАВ} = 7856$  грн.

Виробнича собівартість є сумою витрат за основні матеріали  $C_{МАТ}$ , на покупні вироби  $C_{ПОК}$ , на основну заробітну плату  $C_{ОСН}$ , на загальнозаводські витрати  $C_{ЗАВ}$  та визначається за формулою:

$$C_{ПР} = C_{МАТ} + C_{ПОК} + C_{ОСН} + C_{ЗАВ}, \quad (5.2)$$

$$C_{ПР} = 4845 + 6280 + 8729 + 7856 = 27710 \text{ грн.}$$

Додаючи позавиробничі витрати у розмірі 3% від виробничої собівартості косарки, отримуємо її повну собівартість:

$$C_{ПОВН} = 1,03 \cdot C_{ПР} = 28541 \text{ грн.}$$

## 5.2 Розрахунок величини капітальних вкладень

Капітальні вкладення на використання спроектованої косарки визначаються за формулою:

$$K_{ВЛ} = C_{ПОВН} + P_T + P_M + P_D, \quad (5.3)$$

де  $P_T$  - транспортні витрати, ( $P_T = 0,05 C_{ПОВН}$ );

$P_M$  - витрати на монтаж, ( $P_M = 0,15 C_{ПОВН}$ );

$P_D$  - витрати на демонтаж, ( $P_D = 0,15 C_{ПОВН}$ ).

$$K_{ВЛ} = 28540 + 1427 + 4281 + 4281 = 38529 \text{ грн.}$$

## 5.3 Економічна ефективність проекту

Показниками економічної ефективності спроектованої косарки є: збільшення доходу господарства від зниження втрат однорічних та багаторічних трав, річний економічний ефект від використання конструкції, термін окупності капітальних вкладень.

Розроблена конструкція косарки призведе до скорочення часу окремих операцій та термінів збирання в цілому, підвищує якість формованого

трав'яного валка, що знижує втрати врожаю при наступному прибиранню підбирачем на 3-5%.

Визначимо загальну кількість зібраного сіна за базовим варіантом та від впровадження модернізованої косарки-плющилки.

$$T_{баз} = S \cdot U_{баз}, \quad (5.4)$$

$$T_{нов} = S \cdot U_{нов}, \quad (5.5)$$

де  $S$  – загальна площа відведена під сіножаті, ( $S=498$  га);

$U_{баз}$  - врожайність грубих кормів за базовим варіантом, ( $U_{баз} = 22,6$  ц/га);

$U_{нов}$  - врожайність грубих кормів за новим варіантом, ц/га.

$$U_{нов} = U_{баз} \cdot 1,05, \quad (5.6)$$

$$U_{нов} = 22,6 \cdot 1,05 = 23,8 \text{ ц/га.}$$

$$T_{баз} = 498 \cdot 22,6 = 11254 \text{ ц} = 1125,4 \text{ т.}$$

$$T_{нов} = 498 \cdot 23,8 = 11852 \text{ ц} = 1185,2 \text{ т.}$$

Річний економічний ефект від запровадження модернізованої косарки-кондиціонера (за рахунок зниження втрат урожаю) складе:

$$E_{доо} = (T_{нов} - T_{баз}) \cdot Ц_{сер},$$

$$E_{доо} = (1185,2 - 1125,4) \cdot 2000 = 119600 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = K_{вкл}^* / E_{річ}, \quad (5.7)$$

де  $K_{вкл}^*$  - капітальні вкладення на використання спроектованих косарок, грн.

$$K_{вкл}^* = K_{вкл} \cdot N, \quad (5.8)$$

де  $N$  – загальна кількість косарок КРН-2,1 підлягають модернізації ( $N=5$  шт).

$$K_{вкл}^* = 38529 \cdot 5 = 192655 \text{ грн.}$$

$$T_{ок} = 192655 / 119600 = 1,6 \text{ року.}$$

Розраховані техніко-економічні показники заносимо до зведеної таблиці

Таблиця 5.4 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Варіанти	
	Базовий	Проектний
1. Площа обробітку, га/рік	498	498
2. Урожайність грубих кормів, ц/га	22,6	23,8
3. Загальна кількість заготовлених кормів, т	1125,4	1185,2
4. Капітальні вкладення, грн	-	192655
5. Економічний ефект, грн/рік	-	119600
6. Термін окупності, років	-	1,6

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Дана кваліфікаційна робота з технології заготівлі кормів дозволить господарству якісно та своєчасно проводити всі необхідні заготівельні роботи. Результати проведених розрахунків та економічних обґрунтувань впровадження запропонованої в роботі конструкції плющилки та приводу роторної косарки показують, що забезпечується вагома економія та внаслідок скорочення експлуатаційних витрат.

Зменшення часу підв'ялювання скошеної маси зрештою призведе до скорочення часу збирання, а отже, і до покращення якості зібраного врожаю. Це в подальшому допоможе отримати більше прибутку від використання більш якісного продукту (великий плюс до ваги ВРХ, збільшення надоїв молока тощо).

Крім цього, у КР були розглянуті питання охорони праці працівників, проведено аналіз заходів щодо протипожежної безпеки. Розроблено заходи щодо покращення роботи з охорони праці у господарстві. В економічній частині роботи подана економічна ефективність застосування запропонованих конструкторських рішень.

## БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Трончук І.С., Рак Т. М., Чижанська Н. В. Структура і поживність раціонів для дійних корів із річним надоєм молока від 6 до 9 тисяч кілограмів. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 1. С.107–111.
2. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку: Підручник. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.:
3. Косарка дискова Mewa 1,65. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1601/0712-02-2012. Магерів, 2012.
4. Косарки-плющилки дискові серії ALTERNA. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК №1679/0706-02-2013. Магерів, 2013.
5. Косарки дискові серії GMD SELECT. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1675/0707-02-2013. Магерів, 2013.
6. Косарки навісні барабанні серії DRUMCUT. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1673/0714-02-2013. магерів, 2013.
7. Косарки навісні дискові серії SILVERCUT, Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1664/0716-02-2013. Магерів, 2013.
8. Косарка-плющилка дискова FC 303 RGC. Протокол державних приймальних випробувань технічного засобу для АПК № 1659/0708-02-2013. Магерів, 2013.
9. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. Посіб. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.
10. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. Машиновикористання в землеробстві. К.: Урожай, 1996. 384 с.
11. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Волянський М.С. та ін. Курсові роботи. К.: Видавничий центр НАУ, 2006. 134 с.

12. Каталог KUHN. Тройні комбінації дискових косарок. GMD 1023 F / GMD 1025 F / GMD 1011 / GMD 1030 / GMD 1051 TC FC 1025 F / FC 1015 / FC 1030 / FC 1030 RA. 40 с.

13. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. К.: Урожай, 2002. 364 с.

14. Рибак Т.І., Бабій М.В. Дослідження процесу енергоспоживання різальними апаратами сучасних косарок. Матеріали ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». КНТУ, 2013. С.140 – 142.

15. Бабій А.В., Рибак Т.І., Бабій М.В. Аналіз конструктивних особливостей приводних 173 механізмів косарок сегментно-пальцевих. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ. Том II Матеріалознавство та машинобудування. Тернопіль, ТНТУ, 2012. С. 124.

16. Дідух В.Ф., Буснюк С.В. Ефективність використання технологічних систем в агропромисловому комплексі. Сільськогосподарські машини. 2013. Вип. 24. С. 109-118.

17. Рибарук В.Я. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і дослідження робочих процесів. Л.: За вільну Україну, 1998. 263 с.

18. Рибак Т., Бабій М., Бабій А. Експериментальні дослідження приводу косарки. Тези доповідей XVIII-ї наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 29- 30 жовтня 2014 року. С.84-85.

19. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин / В.Т. Павлице. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

20. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя / В.И. Анурьев в 3-х т. Т3. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980. 557 с.

21. Великанов К.М. Расчет экономической эффективности новой техники. 2-е изд. К.: 1990. 420 с.