

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Підвищення ефективності технології збирання трав
з розробкою конструкції косарки дискової

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

Нормоконтроль

Завідувач кафедри

Рецензент

Козловський Є.П.

(прізвище та ініціали)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Козловському Євгену Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності технології збирання трав
з розробкою конструкції косарки дискової

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2025

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до збирання трав; типовий технологічний процес скошування трав; базова конструкція машини для скошування трав

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки.

Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Конструкції косарок. 2. Косарка роторно-дискова. Складальне креслення. 3. Рама.

Складальне креслення. 4. Балка. Складальне креслення. 5. Ротор. Складальне креслення.

6. Схема кінематична. 7. Система начіпки. 8. Схема транспортування. 9. Схема розрахунку зусилля на гідроциліндрі. 10. 3D – модель косарки. 11. Комп'ютерне моделювання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 22.01.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>01.02.2025</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>11.02.2025</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>15.05.2025</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>25.05.2025</i>	
	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>05.06.2025</i>	

Студент

(підпис)

Козловський Є.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Козловський Євген Павлович.

Тема роботи – „Підвищення ефективності технології збирання трав з удосконаленням косарки дискової”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – удосконалення технології скошування трав з розробкою конструкції косарки дискової.

Об’єкт дослідження – технології скошування трав.

Предмет дослідження – робочі органи косарки дискової.

Методи дослідження: порівняльний, теоретико-емпіричний, математичного та комп’ютерного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій скошування трав та конструкцій косарок та їх робочих органів;
- проведено аналіз агротехнічних вимог до машин для скошування трав;
- обґрунтовано функціональну схему косарки пропонованої конструкції;
- досліджено кінематику ножа ротаційного різального апарата з вертикальною віссю обертання;
- обґрунтовано параметри робочого органу косарки – ротора з дисковими ножами та розраховано зусилля, що діють на ніж ротора;
- розраховано продуктивність та споживану потужність роторно-дискової косарки пропонованої конструкції;
- виконано проєктування приводу роторів;
- розраховано гідроциліндри переведення косарки у робоче/транспортне положення;

- розраховано опорні колеса косарки;
- виконано аналіз напружено-деформованого стану дискового ножа з використанням комп'ютерного моделювання;
- подано заходи охорони праці та техніки безпеки при виконанні технологічного процесу скошування трав ротаційно-дисковою косаркою.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології скошування трав, яка передбачає застосування начіпної ротаційної косарки з дисковими робочими органами.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 64 арк. формату А4, додатки – арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 12 арк. формату А4.

Ключові слова: косарка, технологія скошування трав, дискові робочі органи, технологічні параметри, комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА.....	9
1.1. Агротехнічні вимоги і технології збирання трав.....	9
1.2. Фізико-механічні властивості стебел трав	11
1.3. Різальні апарати кормозбиральних машин.....	12
1.4. Аналіз конструкцій ротаційних косарок.....	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
2.1. Обґрунтування функціональної схеми косарки.....	29
2.2. Кінематика ножа ротаційного різального апарата з вертикальною віссю обертання.....	32
2.3. Обґрунтування параметрів ротора	34
2.4. Розрахунок зусиль, що діють на ніж ротора	39
2.5. Розрахунок споживаної потужності.....	41
3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	42
3.1. Проектування приводу роторів.....	42
3.2. Розрахунок гідроциліндра	44
3.3. Розрахунок опорних коліс.....	46
3.4. Комп'ютерне моделювання.....	48
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
4.1. Завдання безпеки життєдіяльності.....	52
4.2. Вимоги з техніки безпеки для проекрованої машини	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Сучасне сільське господарство вимагає високої продуктивності та ефективності на всіх етапах вирощування та збирання кормових культур, що є основою сталого розвитку тваринництва. Одним з найважливіших елементів кормовиробництва є збирання сінажної маси, зокрема скошування трав, від своєчасності та якості якого значною мірою залежить поживна цінність заготівельного корму.

Уповільнення темпів розвитку тваринництва значною мірою зумовлюється, зокрема, критичним станом кормової бази. Обмежені обсяги заготівлі кормів і недостатній рівень їхньої поживної цінності призводять до того, що генетичний потенціал продуктивності тварин реалізується лише частково – в межах 40–90 %. Водночас вартість кормів є визначальним чинником економіки тваринницького виробництва, оскільки їх частка у структурі собівартості продукції сягає до 70 % [7].

У зв'язку з цим одним із головних завдань сучасного кормовиробництва є підвищення якості кормів, мінімізація втрат поживних речовин під час заготівлі, обробки та зберігання, а також посилення їхнього впливу на продуктивність тварин. Досягнення цих цілей є критично важливим для забезпечення економічної ефективності та рентабельності галузі.

Серед основних обмежень у розвитку кормової галузі слід відзначити дефіцит спеціалізованої техніки для заготівлі кормів, як за кількісними, так і за видовими характеристиками. Унаслідок цього багато невеликих господарств використовують застарілі технологічні рішення, що ґрунтуються на використанні морально й технічно зношеного машинного парку.

Для інтенсифікації заготівлі кормів та одночасного підвищення їхньої якості необхідне впровадження сучасних технічних засобів, здатних забезпечити ефективну механізацію інноваційних технологій у межах наявної інфраструктури сільськогосподарських підприємств.

У зв'язку з цим особливу актуальність набувають питання удосконалення технічних засобів для скошування трав.

Широкого застосування набули косарки роторного та дискового типів, які забезпечують високу швидкість виконання технологічного процесу. Проте вітчизняні та імпорتنі зразки цих машин не завжди задовольняють агротехнічні вимоги щодо якості зрізу, рівномірності укладання валка, адаптації до різних типів угідь і умов збирання, а також не завжди є оптимальними за конструктивною простотою, масою та енергозатратами. Це обумовлює необхідність подальшого вдосконалення конструкцій косарок з урахуванням змін у технологічних вимогах до процесу збирання зелених кормів.

На сучасному етапі технічного забезпечення аграрного виробництва спостерігається розширення типорозмірного ряду сільськогосподарських машин, активне впровадження гідравлічних систем, автоматизованих механізмів керування та заходів, спрямованих на підвищення зносостійкості та довговічності техніки. Значна увага приділяється також покращенню експлуатаційної надійності машин, що дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт. Виробники техніки орієнтуються на потреби господарств різного масштабу – від малих фермерських господарств до великих агропромислових підприємств.

У зв'язку з цим надзвичайно важливим та актуальним є питання удосконалення технології збирання трав шляхом розробки конструкції роторно-дискової косарки, яка б забезпечувала якісне скошування з мінімальними втратами, високою надійністю в роботі та можливістю адаптації до різних умов експлуатації з урахуванням вимог енергоощадності, надійності та технологічної ефективності.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Агротехнічні вимоги і технології збирання трав

Основними кормовими продуктами для сільськогосподарських тварин є корми рослинного походження. До них належать грубі, соковиті, зелені, концентровані корми та кормові відходи технічних виробництв. Склад і поживність кормів залежать від природних і ґрунтових умов, а також від рівня агротехніки, періоду вегетації при збиранні та технології заготівлі й зберігання.

Для заготівлі кормів широко використовують трав'янисті рослини (кормові трави) у вигляді сіна, силосу, сінажу, свіжого зеленого корму, трав'яного борошна, трав'яної пасти та іноді зерна.

Залежно від природно-кліматичних зон і господарських умов застосовують різні способи заготівлі кормів. Вибираючи їх, слід урахувати умови збирання, врожайність, площі масивів, вид і поголів'я тварин та інші чинники [22].

У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовують такі способи заготівлі трав і силосних культур:

1. Заготівля розсипного сіна. Цей спосіб передбачає: скошування трав, сушіння в покосах, ворущіння, згрібання сіна у валки, перевертання валків, підбирання валків з утворенням копиць, підбирання копиць і транспортування до місць скиртування, укладання сіна у стоги та скирти. Такий спосіб найчастіше застосовується на малих фермерських господарствах.
2. Заготівля пресованого сіна. Цей спосіб прогресивніший. Траву після скошування, сушіння і згрібання у валки підбирають з одночасним пресуванням у паки. Збирають і пресують сіно при його вологості не більше ніж 25 %. Залежно від умов, паки досушують у полі або підбирають безпосередньо у транспортні засоби, перевозять до місць зберігання і досушують у штабелях активним вентилуванням.

3. Збирання трав і силосних культур з подрібненням. Силос, сінаж і трав'яне борошно готують з подрібнених рослин. Для отримання силосу скошену і подрібнену зелену масу закладають у траншеї або силосні башти, де її перед герметизацією ущільнюють.

Під час збирання трав слід дотримуватися певних агротехнічних вимог.

Перший укіс бобових трав починати в стадії бутонізації, лучних – на початку цвітіння, а злакових – при появі колосків. Косовицю проводять протягом 5...7 днів, а на низинних луках, плавнях і болотах – 7...10 днів. Під час косіння забезпечувати оптимальну висоту зрізу: для природних трав у степовій зоні – 4,0...4,5 см, а в лісолучній і лісостеповій зонах – 5...6 см. Отаву осіннього укосу зрізати на висоту 6...7 см, а сіяні багаторічні трави – 7...9 см.

Висота зрізу рослин для природних сіножатей та багаторічних трав лісової зони при першому укосі повинна становити 5-6 см., а під час другої повинна становити від 6 до 7 см. Якщо скошують сіяні багаторічні трави для одержання насіння, то можна збільшити висоту зрізу до 8 - 9 см. Зріз лугових сіяних трав (1 - го року) не повинен бути нижче 10 - 12 см. Однорічні трави та їх суміші скошують на висоті 4-6 см.

Слід пам'ятати, що збільшення висоти зрізу понад рекомендованої призводить до значної втрати врожаю, а зменшення її знижує наступні врожаї трав і збереження травостоїв.

Відхилення висоти зрізу від встановленого рівня не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см. по всій довжині різального апарату. Необхідно забезпечити також рівний і повний зріз, щоб рослини не висмикували з ґрунту, а корені їх не потрапляли в скошену масу.

Загальні втрати при косінні трав від збільшеної висоти зрізу, не зрізаних рослин та інших не повинні перевищувати 2%.

Висота трав в середньому становить 40 ... 80 см. Урожайність трав залежно від зони 0,5...3 т/га. Середнє число стебел на 1 м² становить – 10³...10⁴.

Основними технологічними операціями під час заготівлі кормів (сіна, сінажу, силосу) є скошування трав у покоси чи розширені валки (з плющенням

чи без нього), згрібання, перевертання валків, підбирання сіна з валків з пресуванням у тюки чи рулони, підбирання валків пров'яленої трави з одночасним подрібненням під час заготівлі сінажу, скошування рослин з подрібненням під час заготівлі силосу.

Для виконання цих операцій застосовують такі кормозбиральні машини (рис. 1.1): косарки, ворушилки, валкоутворювачі, прес-підбирачі, кормозбиральні комбайни та візки-підбирачі [24].

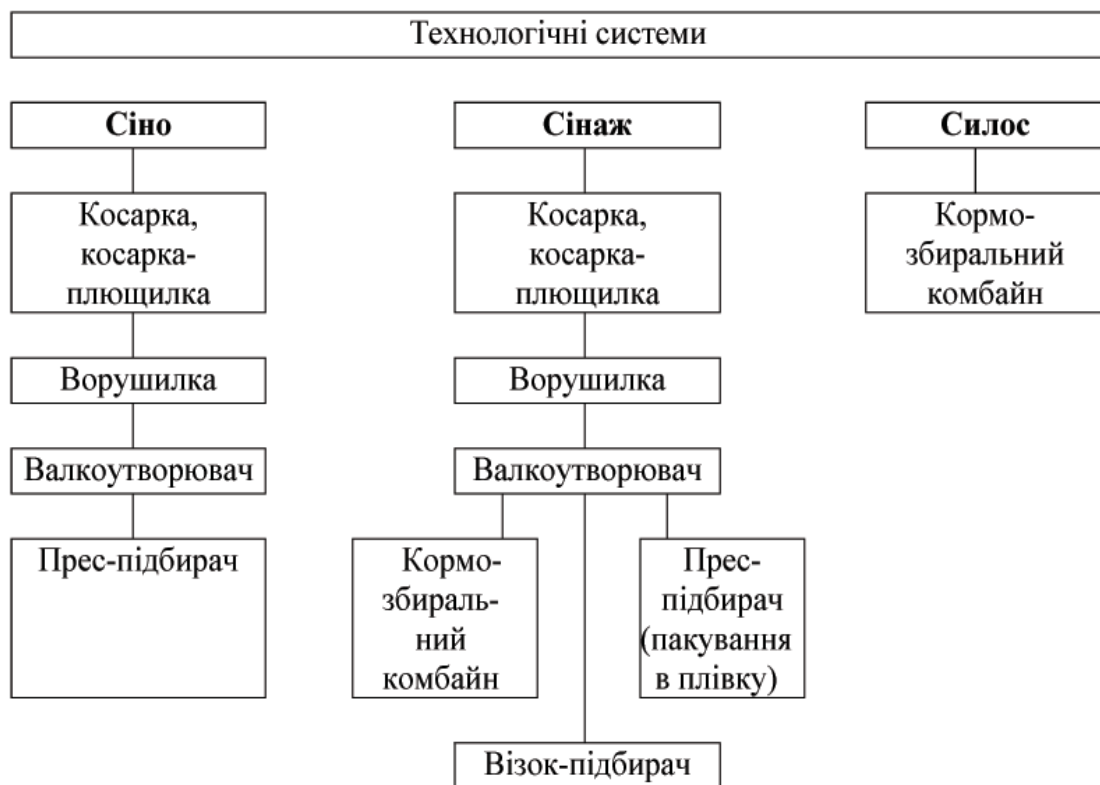


Рисунок 1.1 – Технологічні системи кормозбиральних машин

1.2. Фізико-механічні властивості стебел трав

Кращими є такі терміни косіння, які дозволяють отримати сіно з високим вмістом протеїну і каротину: для злакових трав - це період колосіння (до початку цвітіння), для бобових - період бутонізації, природних трав - період початку цвітіння.

При дуже низькому зрізі трав знижується їх здатність до відтворення, при високому - втрачається значна частина врожаю. У лісолуговій зоні висота зрізу природних сіножатей 5-6 см. Висота зрізу сіяних трав 8 ... 10 см.

Висота трав в середньому становить 40 ... 80 см. Урожайність трав залежно від зони 0,5 ... 3т/га. Середнє число стебел на 1м² становить для трав - 1000 ... 10000. Характеристика травостою подана у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Характеристика травостою

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

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

1.3. Різальні апарати кормозбиральних машин

Пристрої, які призначені для скошування рослинної маси з кореня, називають різальними апаратами, а ті, які перерізують зрізану рослинну масу на частинки (різку), – подрібнювальними.

Різальними апаратами обладнують косарки для скошування трав, валкові жатки і жатки зернозбиральних комбайнів для скошування зернових культур, жатки кормозбиральних комбайнів для скошування трав і грубостеблових культур, жатки кукурудзозбиральних комбайнів, а також косарки-подрібнювачі для заготівлі зеленого корму.

Класифікацію різальних апаратів наведено на рис. 1.2.

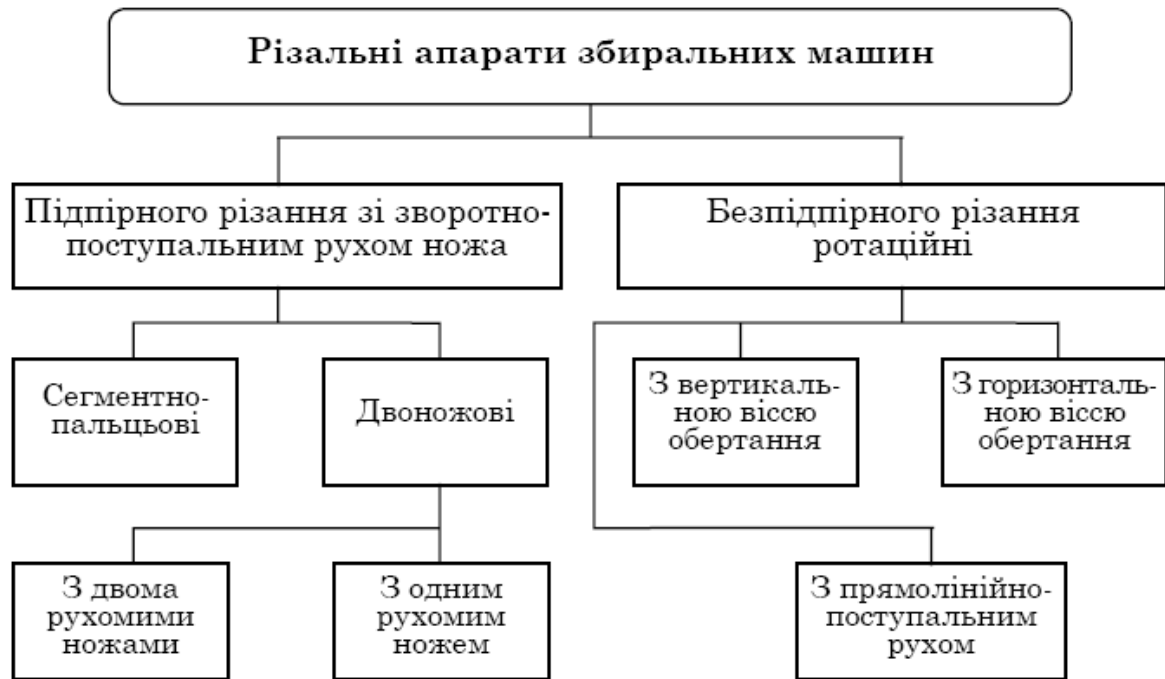


Рисунок 1.2 – Класифікація різальних апаратів кормозбиральних машин

Для скошування природних і сіяних трав, в залежності від природно-кліматичних умов, застосовують різноманітні машини, які за типами ріжучих апаратів можна розділити на три групи.

До першої, найбільш численної групи відносяться косарки та жниварки з пальцевими ріжучими апаратами низького, середнього та нормального зрізу.

У другу групу входять косарки та жниварки з двоножовим ріжучим апаратом, в якому врівноважені інерційні сили, що виникають при роботі. Завдяки цьому знижується вібрація машини і трактори, що підвищує надійність, робочу швидкість, продуктивність і стійкість агрегату.

До третьої групи живих механізмів можна віднести ріжучі апарати безперервної дії – дискові та ротаційні. Перші отримали обмежене поширення внаслідок недостатньої довговічності через значне число пар тертя, що працюють в абразивному середовищі. Ротаційні апарати встановлюють на косарках. Вони незамінні при збиранні на кам'янистих ґрунтах, скошуванні малоцінних трав з луків і полів.

Кормозбиральні машини обладнують різальними апаратами, робочий процес яких базується на підпирному і безпідпирному принципі зрізу. До різальних апаратів підпирного зрізу належать сегментно-пальцевий і безпальцевий апарати, у яких стебло при зрізі опирається на нерухомий протирізальний елемент апарата. До різальних апаратів безпідпирного зрізу належать ротаційно-дискові та ротаційно-барабанні апарати.

У сегментно-пальцевих апаратах є різальна пара – сегмент 9 (рис. 1.3, а) і протирізальна пластина 13 пальця 2. Сегмент підводить стебла рослин до протирізальної пластини, затискуючи їх між собою. Під час зрізування стебла одночасно спираються на протирізальну пластину (точка А) і пероподібний відросток пальця (точка Б), тобто дві опори. Це зменшує можливість згинання стебла, особливо тонкостеблих рослин, які мають малу жорсткість.

Сегментно-пальцеві різальні апарати зрізують рослини при швидкості ножа (різання) 1,5...3,0 м/с. Вони не подрібнюють рослини, потребують менших затрат енергії, порівняно з безпідпирними різальними апаратами. Водночас зворотно-поступальний рух ножа спричинює значні інерційні зусилля, що обмежує застосування таких косарок на підвищених робочих швидкостях при збиранні трав.

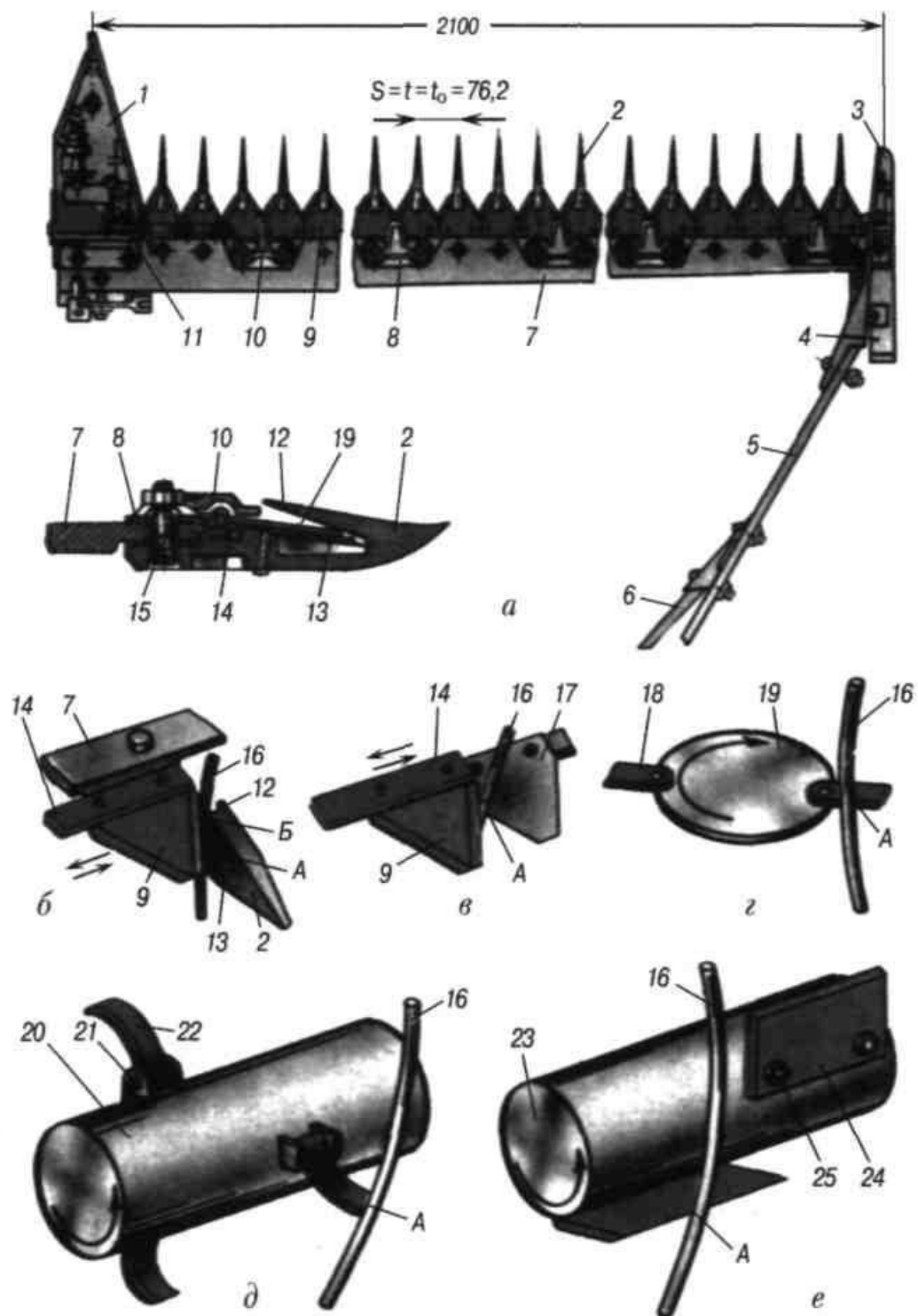


Рисунок 1.3 – Типи різальних апаратів:

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

У безпальцьовому апараті (рис. 1.2, б) різальна пара – два сегменти 2, які перерізають стебло з опорою в одній точці А. Такі різальні апарати менше забиваються при збиранні заплутаних та полеглих рослин. Застосовують одно- і двоножеві апарати: в одноножевому рухомий один ніж, а у двоноже вому – обидва ножі, завдяки чому поліпшується зрівноваженість усієї машини. Проте такі косарки мають складнішу конструкцію приводу ножів.

До різальних апаратів безпідпільного зрізування належать ротаційно-дискові, дводискові ротаційні, сегментно-дискові і ротаційно-барабанні.

Різальні елементи цих апаратів – ножі 2, шарнірно з'єднані з диском 1 чи валом барабана 9, або сегменти 5, жорстко приєднані до диска 6 (рис. 1.3). Для кращого зрізування і подрібнення рослинної маси додатково встановлюють протиризальний ніж 8 (рис 1.3, в).

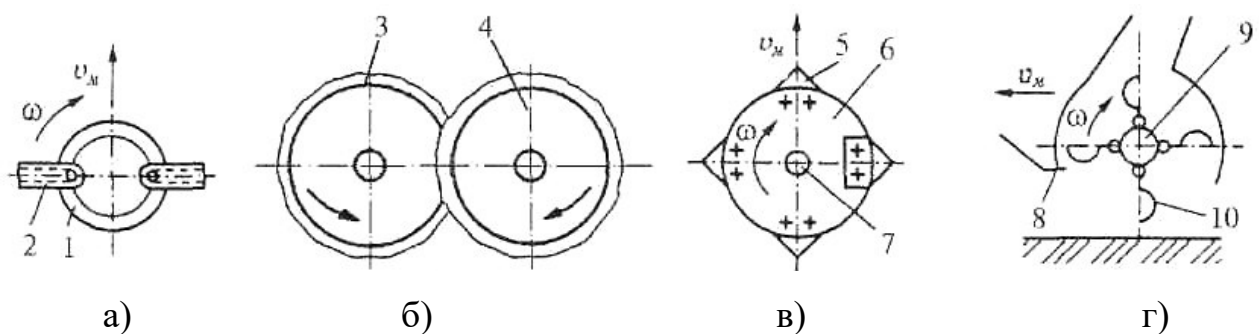


Рисунок 1.4 – Різальні апарати безпідпільного зрізування:

а – ротаційно-дисковий; б – дводисковий ротаційний; в – сегментно-дисковий;
г – ротаційно-барабанний; 1, 3, 4, 6 – диск; 2, 10 – ніж; 5 – сегмент; 7 – вал диска;
8 – протиризальний ніж; 9 – вал барабана.

Ротаційно-дисковий різальний апарат (рис. 1.3, г) складається з бруса, на якому встановлені диски 19 з шарнірно або жорстко закріпленими ножами 18. Обертаючись з великою частотою (колова швидкість ножів становить 40-60 м/с), ножі ударом розрізають стебла рослин.

Ротаційно-барабанний різальний апарат складається з барабана, що обертається навколо горизонтальної осі, і ножів 22 і 24, закріплених на барабані шарнірно (рис. 1.3, д) або жорстко (рис. 1.3, є). Обертаючись з великою

швидкістю, ножі ударом розрізають стебла. У таких апаратах зрізування рослин суміщене із їхнім подрібненням.

Стебло рослини при зрізуванні не спирається на якийсь елемент машини (опору), відгин його обмежується жорсткістю стебла, його інерцією та частково підпиранням сусідніх стебел.

Різальні апарати безпідпiрного зрізування 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.

Крім цього, ротаційний різальний апарат забезпечує скошування травостою незалежно від його стану (полеглий, високоврожайний) при великій швидкості косарки (до 15 км/год), причому її швидкість обмежується швидкістю трактора і умовами роботи тракториста, що не характерно для апаратів зі зворотно-поступальним рухом ножів.

Апарати безпідпiрного зрізування простіші за будовою і надійніші в роботі, але під час зрізування рослин вони додатково подрібнюють стебла, що призводить до надмірних втрат.

Сегментно-дискові різальні апарати призначені для зрізування гички цукрових буряків, грубих товстостеблих культур. Вони зрізують стебла без наступного їх подрібнення.

Ротаційно-барабанні різальні апарати з горизонтальною віссю обертання застосовують на косарках-подрібнювачах. Вони призначені для приготування зеленого корму, силосної маси із різних культур як на корені, так і із валків, зрізують гичку картоплі, цукрових буряків тощо.

Ротаційно-дискові різальні апарати з вертикальною віссю обертання застосовують у косарках для скошування природних і сіяних трав, для зрізування високоврожайних та полеглих трав, обкошування обочин доріг, схилів і берегів меліоративних каналів тощо.

Повну класифікація різальних апаратів з вертикальною віссю обертання подано у таблиці 1.2.

Класифікаційні ознаки ротаційних різальних апаратів
з вертикальною віссю обертання

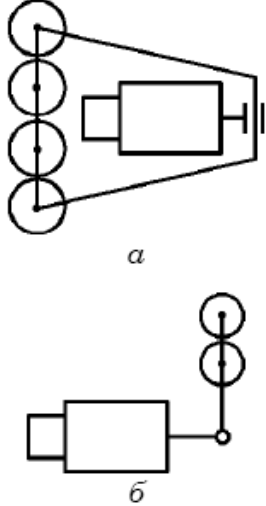
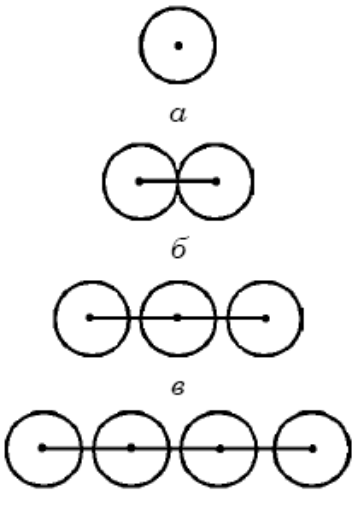
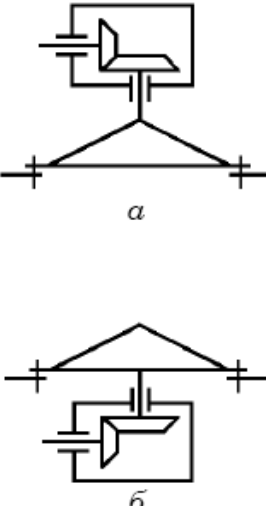
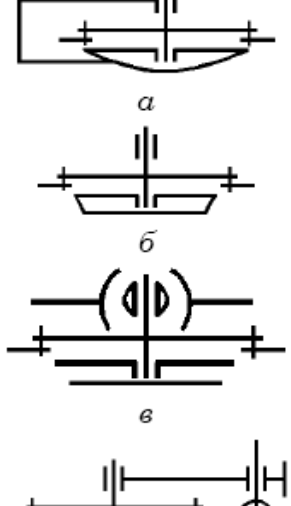
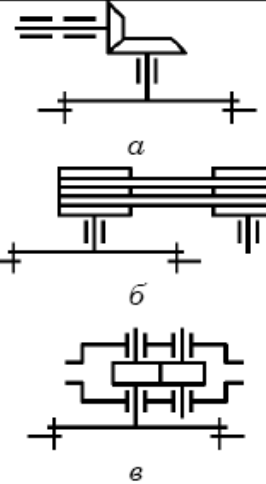
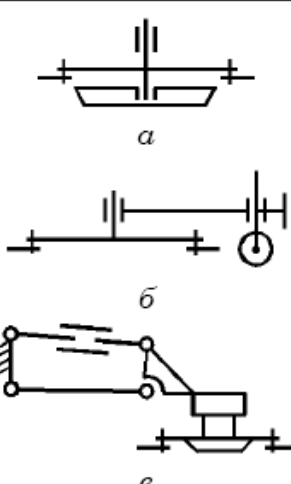
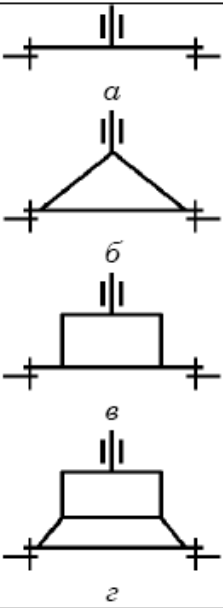
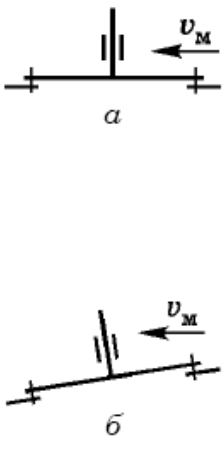
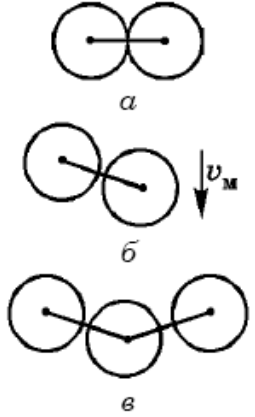
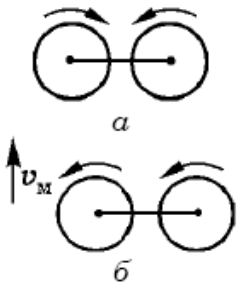
Схема	Ознака	Схема	Ознака
 <i>a</i> <i>б</i>	За розміщенням апарата: <i>a</i> — фронтально; <i>б</i> — збоку	 <i>a</i> <i>б</i> <i>в</i> <i>г</i>	За кількістю роторів: <i>a</i> — однороторні; <i>б</i> — двороторні; <i>в</i> — трироторні; <i>г</i> — багатороторні
 <i>a</i> <i>б</i>	За розміщенням приводу: <i>a</i> — зверху; <i>б</i> — знизу	 <i>a</i> <i>б</i> <i>в</i> <i>г</i>	За способом копіювання: <i>a</i> — нерухомим диском; <i>б</i> — поворотальною тарілкою; <i>в</i> — сферичним шарніром; <i>г</i> — колесами
 <i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	За типом приводу: <i>a</i> — зубчастою передачею; <i>б</i> — клинопасовою; <i>в</i> — гідромотором	 <i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	За способом регулювання висоти зрізу: <i>a</i> — змінною тарілкою; <i>б</i> — колесами; <i>в</i> — центральною тягою

Схема	Ознака	Схема	Ознака
 а б в г	За формою ротора: а — дискові; б — конічні; в — циліндричні; г — циліндрично-конічні	 а б	За розміщенням ротора відносно горизонту: а — паралельно; б — під кутом
 а б в	За розміщенням лінії центрів ротора: а — перпендикулярно до v_M; б — під кутом до v_M; в — комбіновано до v_M	 а б	За напрямком обертання роторів: а — із зустрічним; б — в один бік

Конструкції ротаційних ріжучих апаратів дозволяють розділити їх на два основних типи.

До першого типу відносяться ротори, виконані у вигляді вертикальних консольних валів з закріпленими внизу несучими елементами з ножами. Несучим елементом є диск, що обертається в горизонтальній площині. Привод роторів здійснюється зверху, що обумовлює верхнє розташування несучої рами, під якою проходять зрізані рослини.

До другого типу апаратів належать ротори з нижнім приводом. У цих апаратах ротори з ножами змонтовані поверх плоскої коробчастої рами, всередині якої розміщено привод роторів. Скошена маса проходить над несучою рамою.

При нижньому приводі апаратів трава укладається в прокоси, а при верхньому – формується у валки.

Для того щоб різальний апарат краще пристосувався до поверхні поля, виготовляють косарки, один апарат яких має ширину захвату $B = 2,1$ м. Різальні апарати розміщують попереду трактора (фронтальні), збоку і позаду.

Різальні апарати кормозбиральних машин приводяться в дію від вала відбору потужності трактора, можуть мати індивідуальний гідро- або електропривод та приводитися в дію від власних ходових коліс.

Як у нашій країні, так і за кордоном безперервно вдосконалюються технології та машини для заготівлі кормів, постійно підвищується рівень механізації робіт, ефективність праці за рахунок підвищення швидкостей, збільшення ширини захвату, використання нових робочих органів, створення машин для інтенсивності процесу сушіння трав і в польових умовах, суміщення кількох технологічних операцій.

При традиційному методі заготівлі сіна на невеликих фермерських господарствах використовується кілька типів і модифікацій косарок, застосування яких залежить від ряду факторів – конфігурації і розмірів полів, потужності енергетичних засобів, кліматичних особливостей, виду рослин і т.п.

Однак найбільш перспективними машинами є машини з ротаційними ріжучими апаратами. Косарки з роторними ріжучими апаратами не обмежуються у швидкості роботи (руху агрегату), мають просту конструкцію і працюють не залежно від кліматичних особливостей та виду рослин.

1.4. Аналіз конструкцій ротаційних косарок

У загальному випадку ротаційна косарка складається з навіски, рамної конструкції, різального апарата, привода різального апарата, механізму переведення в транспортне/робоче положення, валкоутворювача.

Навіска – це, як правило, рамка, яка має дві осі та пару вушок для під'єднання до начіпної системи трактора.

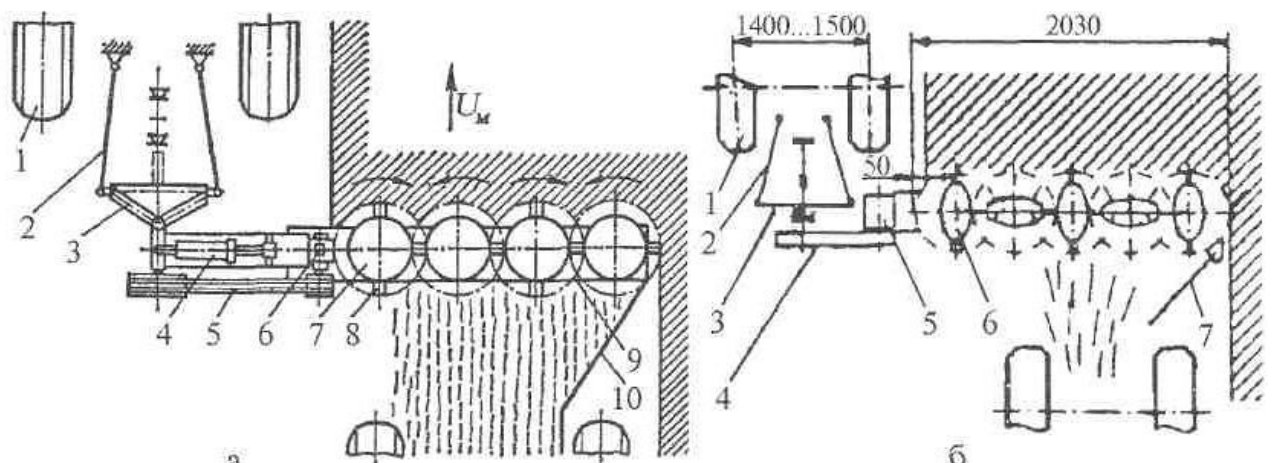
До навіски кріпиться рамна конструкція, на яку монтуються різальний апарат, привод різального апарату та механізм переведення косарки у робоче/транспортне положення.

Різальний апарат з вертикальною віссю обертання може бути ротаційно-дисковий чи сегментно-дисковий з 2, 3 чи 4 ножами.

Привод різального апарату здійснюється від ВВП трактора за допомогою карданної та клинопасової передачі.

Польовий подільник та валкоутворювач призначені для відділення смуги скошування та формування валка.

Схема виконання технологічного процесу ротаційно-дисковою косаркою показано на рис. 1.5.



- 1 – колесо трактора; 2 – начіпний механізм; 3 – причіпний пристрій;
4 – гідроциліндр, 5 – клинопасова передача; 6 - конічний редуктор; 7 – диск;
8 – ніж; 9 – брус роторів; 10 – щиток польового подільника

Рисунок 1.5 – Схема технологічного процесу ротаційно-дискових косарок

Схема виконання технологічного процесу сегментно-дисковою косаркою показано на рис. 1.6, а її конструкція – на рис. 1.7.

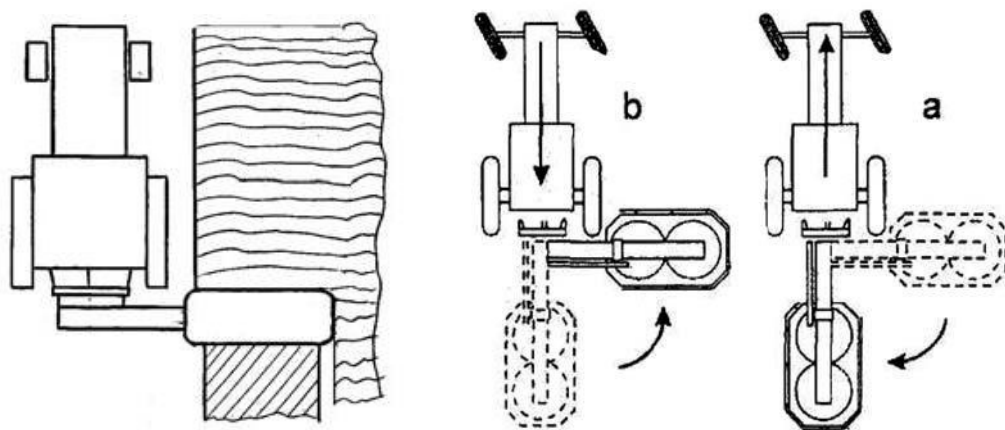


Рисунок 1.6 – Схема технологічного процесу сегментно-дискових косарок

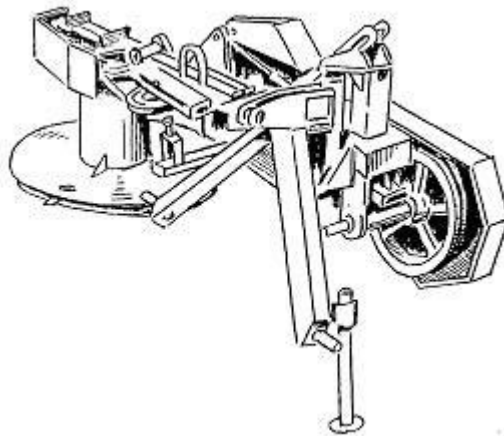


Рисунок 1.7 – Конструкція сегментно-дискової косарки

Конструктивно роторні сегментно-дискової косарки виготовляють з одним, двома чи трьома роторами.

Косарки роторні навісні типу Л-500 (рис. 1.8) призначені для скошування трави і укладання її в прокоси. Скошування відбувається за рахунок обертання ротора з ножами. Щоб уникнути поломок при випадковому наїзді на перешкоду косарки забезпечені демпфуючим пристроєм.

Агрегатуються з тракторами тягового класу 0,6; 1,4 (Т-25, Т-40, МТЗ-80).



Л-501-01 (однороторна начіпна)

Л-502 (двороторна начіпна)

Рисунок 1.8 – Косарки роторні начіпні типу Л-500

Косарка роторна Л – 501Д аналогічна Л – 501-01. Відрізняється від Л – 501-01 тим, що може бути використана для скошування укосів під кутом 45°.

Технічна характеристика косарок типу Л-500 подана в таблиці 1.8

Таблиця 1.8

Технічна характеристики роторних косарок типу Л-500

Параметр	Л-502 (1-роторна начіпна)	Л-501-01 (2-роторна начіпна)
Продуктивність, га/год	0,74	1,48
Максимальна швидкість, км/год	8	8
Робоча ширина захвату, м	0,85..0,95	1,90
Висота зрізу, см	3...6	3...6
Маса машини, кг	300	430
Габаритні розміри в робочому положенні, мм		
довжина	2790	3650
ширина	1050	1050
висота	1150	1150
Число оборотів ротора, об/хв	1900	1900

Косарка Z-169 (рис.1.9) призначена для скошування трав та укладання їх в прокіс. Скошування відбувається під час обертання двох роторів з ножами.



Рисунок 1.9 – Косарка Z-169

Технічна характеристика косарок Z-169 подана в таблиці 1.9

Таблиця 1.9

Технічна характеристика роторних косарок Z-169

Тип косарки	Z-169/135	Z-169/165	Z-169/185
Робоча ширина, м	1,35	1,65	1,85
Висота скошування, мм	42	42	42
Кількість роторів, шт.	2	2	2
Кількість ножів,	4	6	6
Мінімальна потужність трактора, кВт	20	25	70
Швидкість обертання роторів, об/хв	2025	2025	2025
Продуктивність, га/год.	1,2	1,6	2
Робоча швидкість, км/год	8	8	8
Швидкість обертання ВВП, об./хв.	540	540	540
Розміри, м	1,10	1,21	1,30
	2,30	3,16	3,30
	0,9	1,1	1,2
Вага, кг	300	350	420

ВАТ «Львівсільмаш» випускає косарку ротаційну пасова KPP-1,8 (рис. 1.10) призначену для скошування високоврожайних і полеглих трав на підвищених робочих швидкостях з укладанням скошеної маси у покоси. Косарка складається з рами, двох роторів, які обладнані чотирма ножами, приводу та навісного пристрою. При випадковому наїзді на перешкоду косарка

обладнана демпферним пристроєм. При скошуванні трава укладається у валки, що дозволяє проходження трактора у наступних заїздах. Агрегатується з тракторами МТЗ 80/82, Т-40, ЮМЗ-6Л/6М1.



Рисунок 1.10 – Косарка ротаційна пасова КРР-1,8

Таблиця 1.10

Технічна характеристика косарка КРР-1,8

Продуктивність, га/год	0,92-1,72
Ширина захвату, м	1,8
Висота зрізу трави, см	4-6
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	3640
- ширина	1020
- висота	1040
Маса, кг	400

Косарка трав'яна роторна виробництва Бердянського заводу сільськогосподарських машин (рис. 1.11) з шириною захвату 1,3 і 1,8 метра призначена для скошування сіяних і природних трав з укладанням скошеної маси як в розстилання, так і у валок.



Рисунок 1.11 – Косарка трав'яна роторна

Косарки ротаційного типу закордонного виробництва найширше представлені в Україні фірмою Claas.

Косарка Corto (рис. 1.12) призначена для скошування сіяних і природних трав з їх одночасним плющенням та укладанням скошеної маси у валки. Модельний ряд косарок-плющилок включає декілька типів машин, які різняться шириною захвату, конструкцією плющильного механізму та способом агрегування з енергозасобом. За способом агрегування косарки Corto бувають задьоновані, причіпні та фронтальні.



Рисунок 1.12 – Косарка Corto

Косарка-плющилка складається з навісного пристрою, різального апарата барабанного типу (рис. 1.13), плющилки, якщо це передбачено конструкцією, механізму копіювання, гідравлічної системи, приводу та захисних фартухів.



Рисунок 1.13 – Конструкційна схема різального апарата косарки Corto

Привод робочих органів косарки здійснюється від ВВП енергозасобу телескопічною карданною передачею.

Різальний апарат барабанного типу з верхнім приводом робочих органів забезпечує рівномірне зрізування травостою. Велика відстань між різальними барабанами сприяє надійному, безперервному та швидкому транспортуванню рослинної маси через робочі органи. Висота зрізу регулюється гвинтовим механізмом. Плющильний апарат пальцевого типу налагоджується на відповідний режим в залежності від травостою, культури та призначення корму. Для копіювання поверхні ґрунту застосовується блок гвинтових пружин. Технічна характеристика косарки подана у таблиці 1.12.

Задньонавісні косарки DISCO (рис. 1.14) призначені для скошування сіяних і природних трав з їх одночасним плющенням та укладанням скошеної маси у валок або у покis.

Модельний ряд задньонавісних косарок DISCO включає декілька типів машин, які відрізняються конструкцією плющильного механізму.

Косарка складається з навісного пристрою триточкового типу, дискового різального апарата, плющилки, підйомного механізму, гідравлічної системи, приводу та захисних фартухів.

Технічна характеристика косарки Corto

Показники	Corto 270NC	Corto 310N	Corto 3100
Конструкційна ширина захвату, м	2,65	3,05	3,05
Плющилка	Пальцевого типу	-	Пальцевого типу
Кількість різальних роторів	4	4	4
Кількість ножів на роторі	3	3	3
Споживана потужність, кВт	51	51	60
Висота зрізу, мм	30-42	30-42	30-52
Маса косарки, кг	840	950	810



Рисунок 1.14 – Косарка DISCO 3050C

Привод робочих органів косарки здійснюється від вала відбору потужності енергозасобу (трактор класу 14 кН) телескопічною карданною передачею. Різальний апарат дискового типу забезпечує рівномірне якісне скошування травостою. Висота зрізу регулюється гвинтовим механізмом.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування функціональної схеми косарки

Основними споживачами техніки малого класу традиційно є галузі, які не потребують великих земельних угідь – овочівництво і садівництво, кормовиробництво і тваринництво.

У наукових публікаціях рідко досліджується питання полегшення праці селян як в фермерських так і в особистих господарствах і колективних товариствах, які, незважаючи на низький рівень механізації, виробляють сьогодні 60 % валової продукції сільського господарства.

Якщо в спеціалізованих колективних господарствах на великих площах є можливість механізувати всі технологічні операції і довести затрати праці до 0,2–0,5 люд.-год/ц продукції, то на малих ділянках в кілька сотих гектара механізація малодоступна і малоефективна, а затрати праці складають 12–15 люд.-год/ц.

У зв'язку з цим, у кваліфікаційній роботі ставиться завдання розробити конструкцію малогабаритної роторної косарки, що комплектується з тракторами малої потужності. Конструкція косарки повинна передбачати можливість агрегування з тракторами тягового класу 0,2 - 0,9. Орієнтована ширина захвату косарки – до 1.5 м з можливістю формування валка, орієнтовна продуктивність – 1,5 га/год.

Начіпні машини і знаряддя в 1,5-2 рази легші, ніж причіпні, значно простіші за конструкцією, їх легше транспортувати. Продуктивність начіпних машин і знарядь дещо вища, ніж причіпних, тому косарку запропонованої конструкції доцільно спроектувати начіпною.

До недоліків існуючих конструкцій ротаційних косарок можна віднести застосування пасових передач, які мають не надто високу надійність у даних умовах експлуатації, високу швидкість обертання роторів, що потребує їх точного балансування та регулярного технічного обслуговування, низьку

надійність ріжучої частини косарки через швидке затуплення та злами ножів.

Ротаційна косарка пропонованої конструкції повинна мати просту будову, бути функціональною та надійною, забезпечувати легкий доступ до вузлів для проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт.

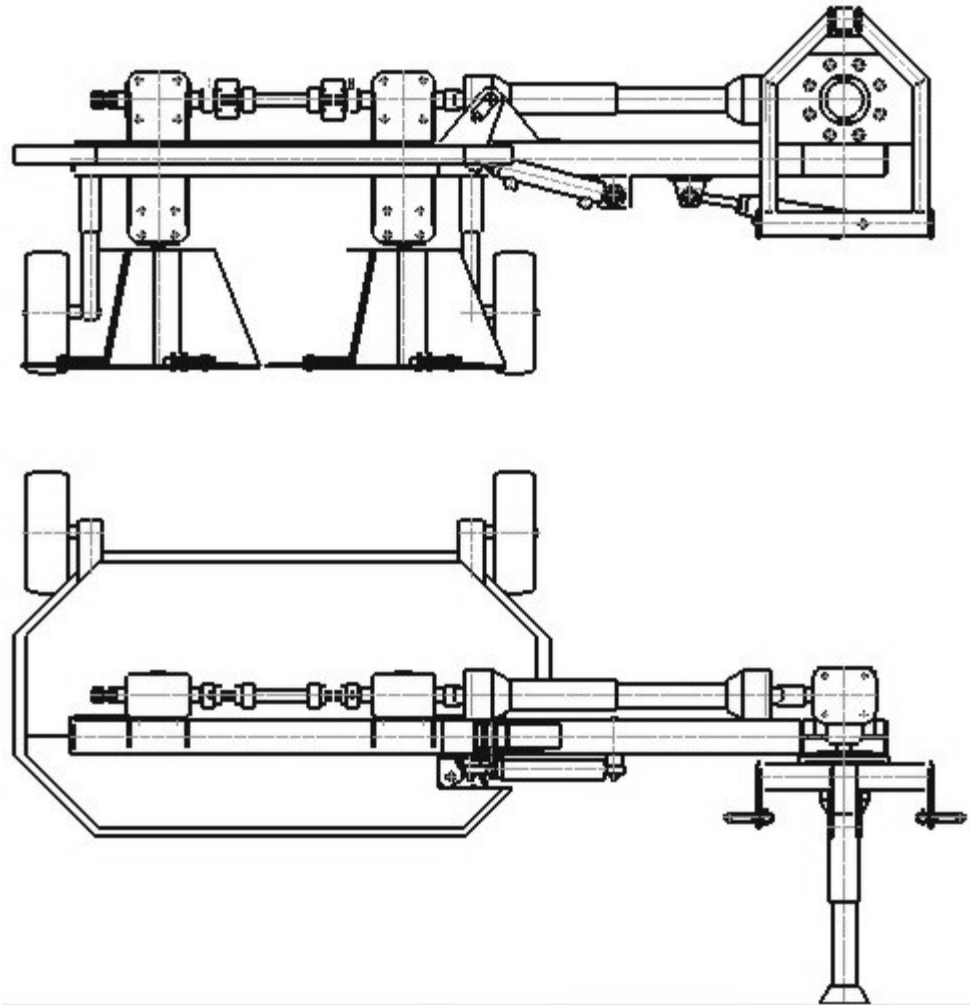


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд косарки пропонованої конструкції

Основними складовими елементами ротаційної косарки пропонованої конструкції є (рис. 2.1):

- рама, яка є несучою металоконструкцією і призначена для встановлення на ній всіх вузлів косарки. Рама виконана з тонкостінного профілю квадратного поперечного перерізу і підсилена ребрами жорсткості;
- начіпка, розташована у передній частині рами. Складається з трапецеподібної рамки з поворотним кільцем, пальців та

кронштейнів з отворами для приєднання до гідравлічної напівної системи малогабаритного трактора;

- два різальних апарати ротаційного типу (ротори) з сегментно-дисковими ножами для зрізання травостою та відбивачами для формування валка. Пропонуються ножі у вигляді диска з трьома отворами для полегшення їх заміни при затупленні ріжучої кромки;
- привод різального апарата, який здійснюється від валу відбору потужності (ВВП) трактора. Привод різального апарата складається з конічного редуктора для пониження частоти обертання ВВП, телескопічного вала, двох конічних редукторів для зміни напрямку обертання приводного вала, компенсаційних муфт та підшипникових вузлів;
- механізму переведення косарки в транспортне/робоче положення, який складається з двох гідроциліндрів, один з яких піднімає загалом усю раму косарки до кута до горизонту 35° , а інший - повертає робочу секцію з роторами до становлення її у вертикальне положення;
- власного колісного ходу для регулювання висоти зрізування травостою та копіювання рельєфу поля. Висота зрізування регулюється парою опорних коліс, які приєднанні з обох боків рами на рухомих направляючих. Всі регулювання здійснюються вручну.

Така конструкція косарки та схема її роторного робочого органу відповідає вимогам щодо ресурсозбереження, ремонтпридатності та довговічності і є доцільною при проектуванні нових машин.

При удосконаленні сільськогосподарської машини передусім необхідно звернути увагу на ті складові частини та вузли, від яких залежить якість роботи машини: зниження тягового опору машини, зменшення маси, спрощення складних вузлів, заміна дорогих матеріалів на дешевші, удосконалення пристроїв з якими контактує вихідний продукт і від яких залежить його якість.

2.2. Кінематика ножа ротаційного різального апарата з вертикальною віссю обертання

Для аналізу кінематики ножа ротаційного різального апарата з вертикальною віссю обертання, розглянемо траєкторію абсолютного руху ножа на прикладі ротора у вигляді круглого диска з чотирма ножами з наступними параметрами (рис. 2.2): R – радіус ротора по кінцевих точках ножа, r – радіус елемента, що несе ножі (диска), α – кут між суміжними ножами, а ножі – у вигляді прямих ліній ab і cd відповідно першого 1 і другого 2 ножів.

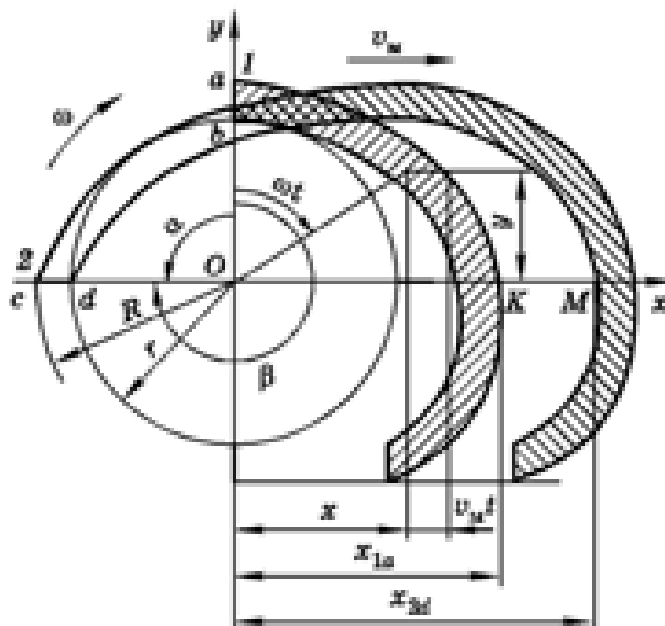


Рисунок 2.2 – Схема до розрахунку параметрів ротаційного різального апарата з вертикальною віссю обертання

Приймаємо прямокутну систему координат. Машина зі швидкістю V_m рухається в напрямку осі x , а ротор обертається з кутовою швидкістю ω за ходом годинникової стрілки.

Тоді при повороті ножа 1 на кут ωt рівняння руху для точок a і b матимуть вигляд

$$\left. \begin{aligned} x_a &= R \sin \omega t + v_m t; \\ x_b &= r \sin \omega t + v_m t; \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

$$\left. \begin{aligned} y_a &= R \cos \omega t; \\ y_b &= r \cos \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Рівняння руху крайніх точок ножа 2 матимуть вигляд

$$\left. \begin{aligned} x_c &= R \sin(\omega t_1 - \alpha) + v_m t_1; \\ x_d &= r \sin(\omega t_1 - \alpha) + v_m t_1; \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

$$\left. \begin{aligned} y_c &= R \cos(\omega t_1 - \alpha); \\ y_d &= r \cos(\omega t_1 - \alpha). \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Задавши значення кута повороту ωt через певні проміжки і визначивши при цьому час t повороту ротора на певний кут, за відомих параметрів V_m , ω і α згідно із залежностями (2.1), (2.2), (2.3) і (2.4) отримаємо траєкторії абсолютного руху крайніх точок ножів 1 і 2, які мають вигляд видовжених циклоїд.

Заштриховані ділянки, обмежені циклоїдами крайніх точок обох ножів (рис. 2.1), визначають ділянки, на яких рослини будуть зрізані, а заштриховані хрестоподібно – холостого пробігу ножа 2 (повторного перерізування зрізаних рослин). На ділянці, обмеженій циклоїдою точки d ножа 2 і циклоїдою точки a ножа 1, рослини не будуть зрізані.

Необхідну кількість ножів на диску ротора визначають із умови уникнення огріху, тобто, коли $KM = 0$ (рис. 2.1). Це можливо за умови

$$x_{1a} = x_{2d} \quad (x_a = x_d), \quad (2.5)$$

тобто коли траєкторії точки a ножа 1 і точки d ножа 2 перетнуть вісь Ox через певний час, відповідно

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{\pi}{2\omega} \left(\text{із } \omega t = \frac{\pi}{2} \right); \\ t_1 &= \frac{\pi/2 + \alpha}{\omega} \left(\text{із } \omega t_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha \right). \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

Підставивши x_a і x_d із залежностей (2.1), (2.3) і t та t_1 із залежностей (2.6) у залежність (2.5), отримаємо

$$R \sin \frac{\pi}{2} + v_m \frac{\pi}{2\omega} = r \sin \left(\frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha \right) + v_m \frac{\pi/2 + \alpha}{\omega}, \quad (2.7)$$

звідки

$$R - r = V_m \alpha. \quad (2.8)$$

Оскільки $R - r$ – це довжина робочої частини ножа, а $\alpha = 2\pi/m$, де m – кількість ножів, то остаточно отримаємо

$$m = \frac{2\pi \cdot V_m}{\omega \cdot l}. \quad (2.9)$$

Довжина робочої частини ножа у косарках становить 40...60 мм, а кількість ножів на одному роторі – 1, 2 і 3.

Розраховуючи потрібну кількість ножів, спочатку визначають кутову швидкість ротора із умов безпідпорного зрізу рослин.

В ротаційних косарках для заготівлі кормів застосовують переважно 2, 4 і 6 роторів. Результати досліджень щодо вибору кількості роторів (і їх діаметра) за однакової ширини захвату косарки засвідчують, що за енергетичними і якісними показниками роботи ефективнішими є косарки з меншими діаметрами роторів (0,4...0,6 м), ніж з більшими (0,7...0,8 м).

2.3. Обґрунтування параметрів ротора

При розрахунку ротаційних косарок основним завданням є визначення мінімальної швидкості V_{Pmin} , необхідної для перерізування рослинного матеріалу. При коловій швидкості обертання ω ротора радіусом R та

поступальній швидкості руху машини V_m , вектор абсолютної швидкості точок леза $V_{abc} = \omega R + V_m$ змінюватиметься в процесі різання за напрямом і за значенням від найменшого до найбільшого. Для безпідпорного зрізування рослин необхідно, щоб значення V_{abc} перевищувало значення V_{Pmin} .

Наближена формула для визначення найменшого значення колової швидкості при різному числі лез має вигляд

$$\omega_{min} R = (\alpha \cdot \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + \sqrt{V^2 (\alpha \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + V_{Pmin}^2}, \quad (2.10)$$

де $V = V_m$ – швидкість руху машини. З агротехнічних вимог до скошування трав попередньо приймаємо $V_m = 12$ км/год.

α – кут розташування ножів по діаметру ротора, град;

φ_{min} – кут, при якому швидкість різання мінімальна, град:

$$\varphi_{min} = \arctg(\alpha). \quad (2.11)$$

Якщо виходити з міцності стебла та маси, яка деформується ударом ножа, то при зрізанні одиничних прямостоячих стебел мінімальна швидкість зрізування V_{Pmin} виражається формулою:

$$V_{Pmin} = k_c \sqrt{\frac{g}{\gamma \cdot E}}, \quad (2.12)$$

де: k_c – руйнівне напруження зрізу, $k_c = (2...3) \cdot 10^4$ кПа;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

E - модуль пружності. Для травостою $E = 1,1 \cdot 10^7$ кПа;

γ – об'ємне навантаження, Н/м³. Залежить від щільності матеріалу стебла ρ_{cm} :

$$\rho_{cm} = \gamma / g = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

$$V_{P_{\min}} = 2 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{9.81}{4.9 \cdot 10^{-3} \cdot 1.1 \cdot 10^7}} = 8.53 \text{ м/с.}$$

При кількості ножів $m=3$ та радіусі ротора $R=400$ мм отримаємо

$$\alpha = \frac{2\pi}{m} = \frac{2\pi}{3} = 120 \text{ град,}$$

$$\varphi_{\min} = \arctg(120) = 64.5 \text{ град.}$$

$$\omega_{\min} = \frac{(120 \cdot \sin 64.5 - \cos 64.5) + \sqrt{3.33^2 (120 \sin 64.5 - \cos 64.5) + 8.53^2}}{0.4} = 27.2 \text{ рад/с.}$$

При зменшенні кутової швидкості обертання ротора необхідно збільшувати його діаметр для забезпечення необхідної сили перерізування. При зменшенні радіусу ротора його мінімальну кутову швидкість обертання необхідно збільшувати, що приведе до ускладнення приводу і збільшення інерційних сил. Залежність між радіусом ротора та коловою швидкістю обертання за умови забезпечення необхідної перерізуючої сили показано на рис. 2.3.

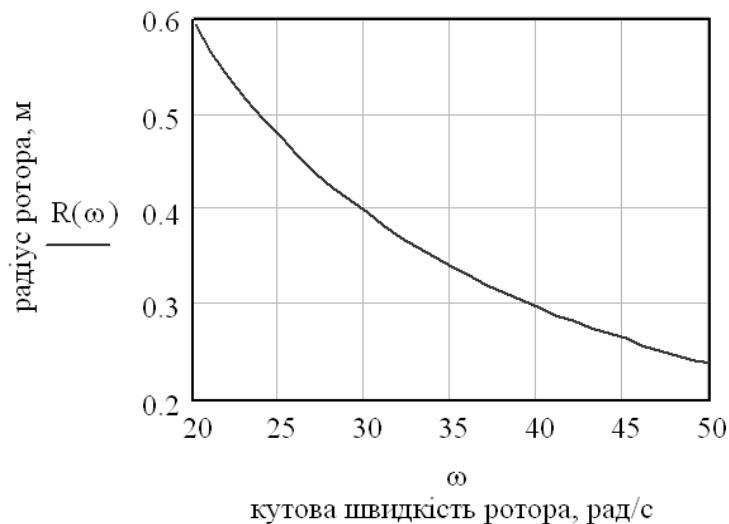


Рис. 2.3. Залежність геометрії ротора від кутової швидкості обертання

З рис. 2.3 приймаємо кутову швидкість обертання ротора $\omega_{\min} = 35 \text{ рад/с.}$

Частота обертання ротора

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 35}{\pi} = 335 \text{ об/хв.}$$

Радіус ротора визначаємо із формули [24]

$$\omega \geq \frac{V_M + V_P}{R},$$
$$R = \frac{3.33 + 8.53}{35} \approx 0.340 \text{ м.}$$

Максимальний діаметр ротора $D = 2R = 0.680 \text{ м.}$

Мінімальна довжина леза ножа

$$L_H \geq \frac{\alpha \cdot V_M}{\omega} = \frac{2.094 \cdot 8.53}{35} \approx 0.2 \text{ м.}$$

Діаметр дискового ножа визначаємо з врахуванням того, що перерізування стебла здійснюється лише на половині довжини кромки диска

$$d_H \geq \frac{L_H}{\pi/2} = \frac{0.2}{\pi/2} = 0.127 \text{ мм.}$$

Для забезпечення надійного зрізування, приймаємо $d_H = 0.140 \text{ мм.}$

Остаточно робоча довжина леза дискового ножа

$$L_H = \frac{\pi d_H}{2} = \frac{\pi \cdot 0.14}{2} = 0.22 \text{ м.}$$

Коефіцієнт максимального використання леза

$$K_{\text{л}} = \frac{2\pi \cdot V_M}{m \cdot \omega \cdot L_H} = \frac{2\pi \cdot 3.33}{3 \cdot 35 \cdot 0.22} = 0.905.$$

При роботі багатороторних косарок необхідно, щоб траєкторія ріжучих елементів сусідніх роторів дещо перекривалися, щоб уникнути незрізаних ділянок трави. Мінімальне перекриття ножів визначається за формулою

$$\delta = D \left((1-q)^2 - \sqrt{(1-q)^4 - \left(\frac{\pi \cdot q}{m} \right)^2} \right), \quad (2.13)$$

де q – кінематичний показник:

$$q = \frac{2V_M}{\omega D} = \frac{2 \cdot 3.33}{35 \cdot 0.68} = 0.28.$$

$$\delta \geq 0.68 \left((1-0.28)^2 - \sqrt{(1-0.28)^4 - \left(\frac{\pi \cdot 0.28}{3} \right)^2} \right) = 0.062 \approx 0.07 \text{ м.}$$

Радіус центрів дискових ножів відносно осі ротора

$$R_1 = \frac{D}{2} - \delta = \frac{0.68}{2} - 0.07 = 0.27 \text{ м.}$$

Ширина захвату ротаційної косарки:

$$B = (D - \delta) K_p, \quad (2.14)$$

де K_p – кількість роторів, $K_p = 2$.

$$B = (0.68 - 0.07) 2 \approx 1.2 \text{ м.}$$

Площа, яка скошується за один оберт ротора

$$S = \frac{2\pi \cdot D \cdot V_M}{\omega}, \quad (2.15)$$
$$S = \frac{2\pi \cdot 0.68 \cdot 3.33}{35} = 0.406 \text{ м}^2.$$

Продуктивність проектованої дискової косарки з двома роторами:

$$W_{год} = B \cdot V_M \frac{3600}{10^4} \approx 1.5 \text{ га/год.}$$

2.4. Розрахунок зусиль, що діють на ніж ротора

При безпідпорному зрізуванні, окрім енергії, що витрачається безпосередньо на руйнування матеріалу стебла, енергія витрачається на його вигин, тертя стерні об нижню поверхню диска і на відкидання частини рослин, що зрізується, тому енергоємність ротаційних косарок більша, ніж косарок із зворотно-поступальним рухом ножа.

Питома сила різання визначається залежністю:

$$P_P = f(V_P)$$

і виражається емпіричною формулою (кН):

$$P_P = a + \left(\frac{b}{V_{P \min}^c} \right), \quad (2.16)$$

де a , b і c – коефіцієнти, що характеризують фізико-механічні властивості матеріалу. Їх значення для різних культур подано у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнтів фізико-механічних властивостей трав

Культура	a	b	c
Конюшина	0,08	1,40	1,71
Костер	0,178	3,50	1,60
Тимофіївка	0,100	2,40	1,10
Люцерна	0,096	2,43	1,39

За значеннями коефіцієнтів для костера (Bromus) визначаємо силу різання

$$P_p = 0.178 + \left(\frac{3.5}{8.53^{1.6}} \right) \approx 0.291 \text{ кН.}$$

Крутний момент на валу ротора від дії сили різання

$$M = P_p \frac{D}{2} = 291 \frac{0.680}{2} \approx 100 \text{ Н·м.}$$

Сумарний момент, приведений до валу відбору потужності

$$M_{\text{ВВП}} = K_p M \frac{n}{n_{\text{ВВП}}} = 2 \cdot 100 \frac{335}{540} \approx 124 \text{ Н·м.}$$

Опір і робота різання зменшуються при збільшенні швидкості різання. Зусилля на ріжучій фасці леза ножа складається з двох складових: сили зминання, яка викликана розсовуванням матеріалу фасками леза, і зусилля затискання внаслідок вигину стебла. На опір різанню також впливає розташування фасок на ріжучій кромці ножа. Мінімальна швидкість різання при нижньому заточуванні леза на 8-12% менша, ніж при верхньому заточуванні леза. При затупленні леза до 100-120 мкм питома сила різання збільшується на 12-18%.

2.5. Розрахунок споживаної потужності

Сумарна потужність, необхідна на валу відбору потужності трактора для приведення роторів косарки в рух, складається із потужності для зрізування трав'яної маси $N_{зр}$, потужності на відкидання зрізаної маси N_B та потужності на холостий хід $N_{х.х}$ роторів косарки.

Потужність, що затрачається на зрізування трав'яної маси:

$$N_{зр} = M \cdot \omega \cdot K_p = 100 \cdot 35 \cdot 2 = 7000 \text{ Вт} = 7 \text{ кВт.}$$

Потужність на відкидання зрізаної маси визначаємо як добуток сили, що діє на зрізану масу, та абсолютної швидкості руху відбивача ротора із припущенням, що зрізана маса відкидається відбивачем на відстані $R_1/2$.

$$N_B = P \cdot \left(\frac{1}{2} R_1 \omega + V_M \right) \cdot K_p = 291 \cdot \left(\frac{1}{2} 0.270 \cdot 35 + 3.33 \right) \cdot 2 \approx 5 \text{ кВт.}$$

Потужність на холостий хід роторів косарки приймаємо $N_{х.х} = 0,5 \text{ кВт}$

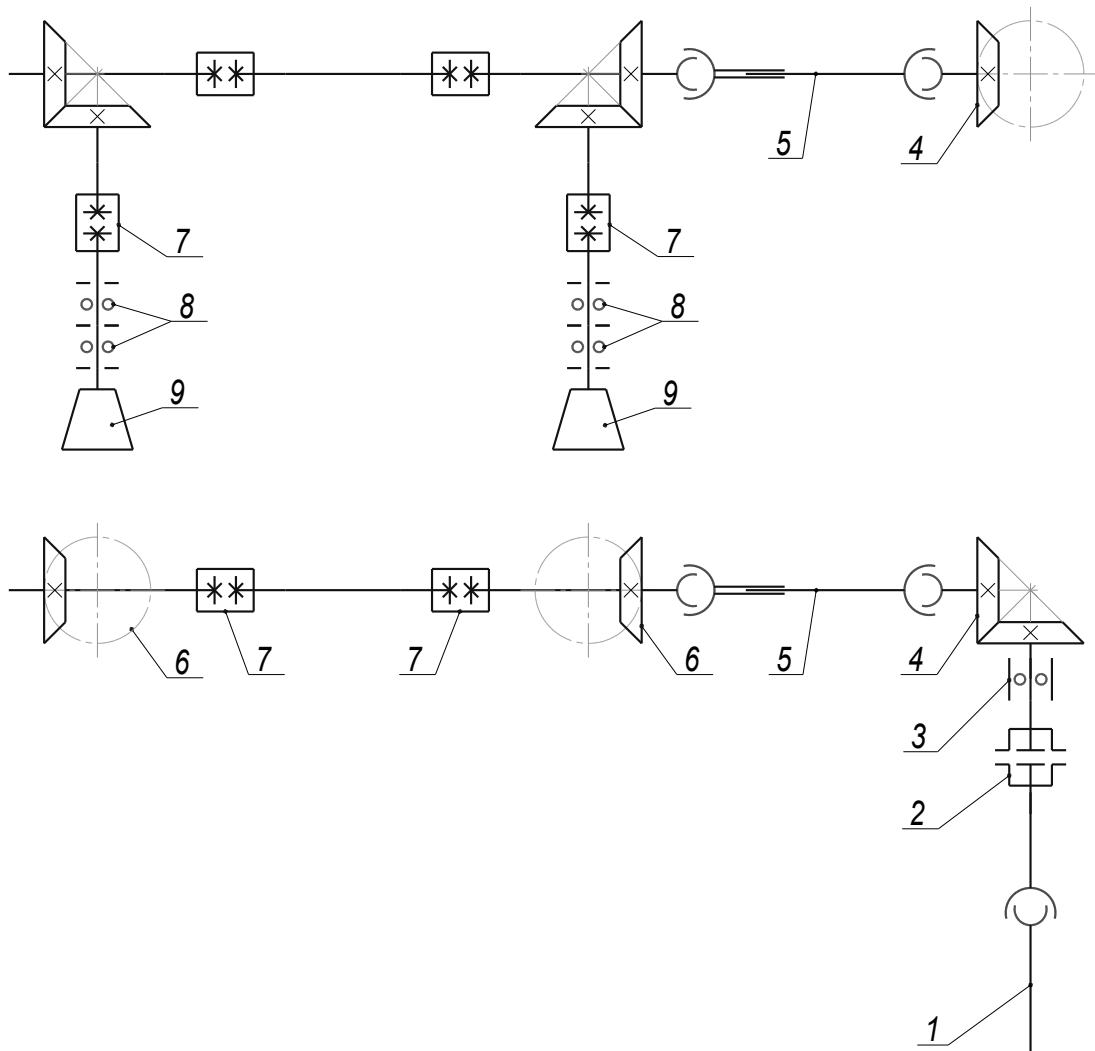
Потужність, необхідна для приводу робочих органів косарки роторного типу від валу відбору потужності трактора:

$$N = N_{зр} + N_B + N_{х.х} = 7 + 5 + 0.5 = 12.5 \text{ кВт.}$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Проектування приводу роторів

Ротори косарки приводяться в дію від валу відбору потужності трактора (частота обертання $n_{ВВП} = 540$ об/хв). Крутний момент від двигуна через кардан ВВП 1 (рис. 3.1) та запобіжну муфту 2 передається на конічний редуктор 4 і далі через телескопічний вал 5 на конічні редуктори 6 роторів 9, які встановлені на підшипникових вузлах 8 і з'єднані з валами редукторів 6 через компенсуючі муфти 7.



- 1 – кардан ВВП; 2 – муфта запобіжна; 3 – підшипник радіальний; 4 – редуктор конічний ($u=1.6$); 5 – вал телескопічний; 6 – редуктор конічний ($u=1$); 7 – муфта ланцюгова;
8 – підшипник упорний; 9 – робочий орган (ротор)

Рисунок 3.1 – Кінематична схема приводу роторів косарки

Передаточне число конічного одноступеневого редуктора

$$u = \frac{n_{B\Pi\Pi}}{n} = \frac{540}{335} = 1,61.$$

Із ряду стандартних значень передаточних чисел конічної передачі вибираємо $u = 1,6$ і підбираємо стандартний одноступеневий редуктор.

За конструкцією косарки неможливо забезпечити осьовий зсув вузлів при їх монтажі чи демонтажі. Тому для передачі крутного моменту між валами вузлів косарки вибираємо компенсаційну ланцюгову муфту.

Ланцюгова муфта складається з двох напівмуфт-зірочок, що мають однакову кількість зубів, загального ланцюга, що охоплює їх і захисного кожуха, заповненого пластичним мастильним матеріалом. Застосовуються ланцюги роликові однорядні і дворядні, а також зубчаті.

Переваги ланцюгових муфт – простота конструкції і обслуговування, відносно невеликі габарити. Ланцюгові муфти допускають кутовий зсув валів. За рахунок вибору зазорів у шарнірах ланцюга допускають перекіс валів до 1° і радіальні зсуви, що залежать від переданого моменту.

Ланцюгові муфти мають значні люфти. Тому їх не застосовують в реверсивних приводах (реверс супроводжуватиметься ударами).

Зважаючи, що розрахований момент приводу одного ротора становить 100 Нм, вибираємо муфту ланцюгову 125-35-1 ДСТ 20742 – 93 з ланцюгом приводним втулково–роликовим дворядним 2ПР-19,05-75 (розрахована на номінальний крутний момент 125 Нм.)

Загальний вигляд ланцюгової муфти та її основні характеристики подано у додатку А.

3.2. Розрахунок гідроциліндра

Ротаційно-дискова косарка пропонованої конструкції є начіпною машиною. У транспортному положенні її вага повністю передається на начіпну систему трактора. У робочому положенні частина її ваги сприймається начіпкою трактора, а частина – власною ходовою системою косарки.

Переведення косарки у робоче/транспортне положення здійснюється за допомогою двох гідроциліндрів (рис. 3.2). Гідроциліндр 1 піднімає загалом усю раму косарки до кута до горизонту 35° , а гідроциліндр 2 повертає на деякий кут робочу секцію з роторами до становлення її у вертикальне положення.

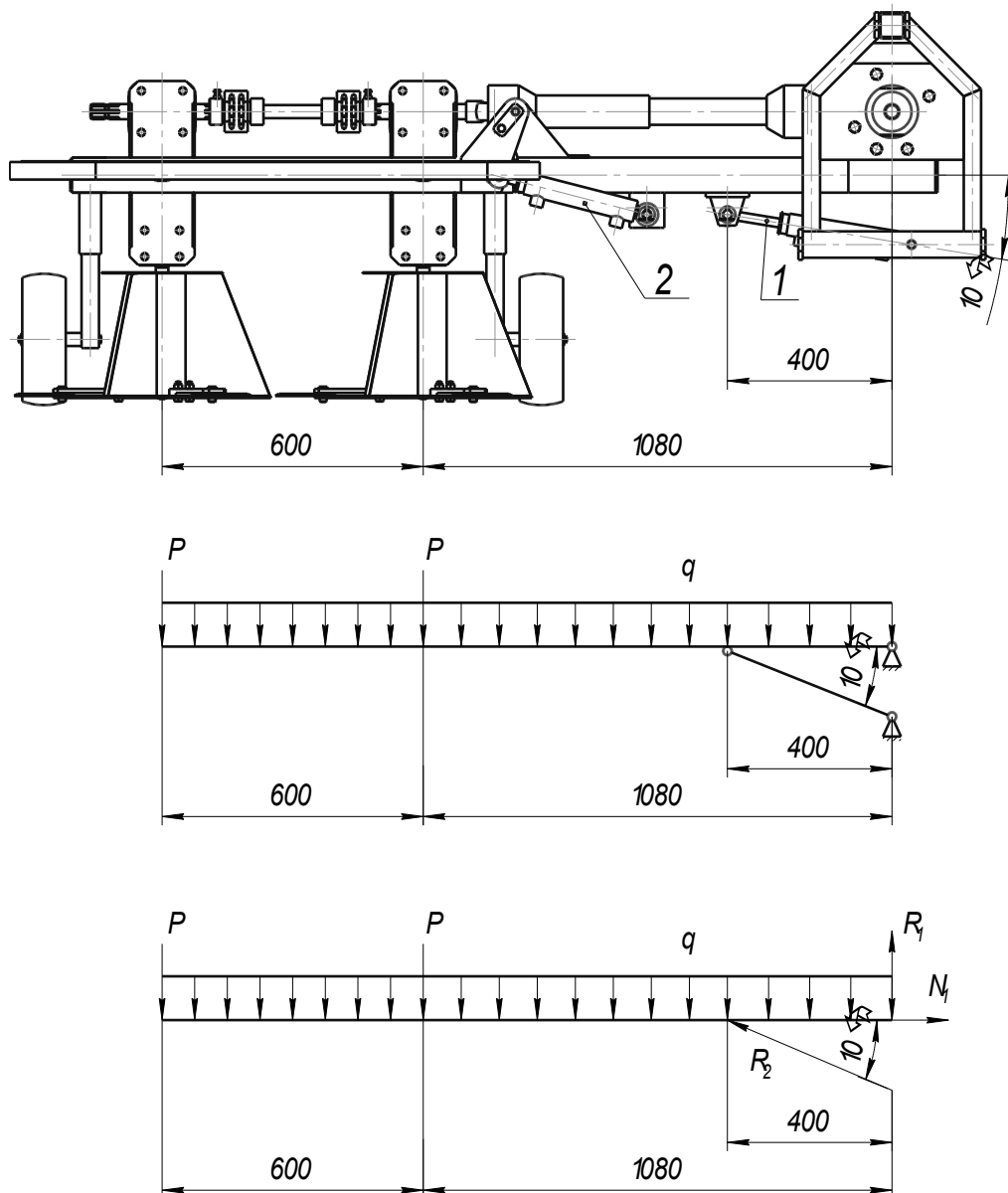


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема зусилля на гідроциліндри

Підбір гідроциліндра необхідного діаметра проводимо за діючим зусиллям при підніманні косарки у транспортне положення. Найбільш навантаженим гідроциліндр буде у момент початку переведення косарки у транспортне положення, оскільки із збільшенням кута піднімання все більша частина ваги косарки буде перерозподілятися на верхню опору.

Розрахунок проводимо лише для гідроциліндра 1, як найбільш навантаженого.

Оскільки в опорах косарки діють три невідомі реакції, то розрахункова схема косарки є статично визначуваною.

Зусилля R_2 на штоці гідроциліндра 1 визначаємо із рівнянь статики:

Реакції, що діють в опорах косарки визначаємо із рівнянь статики:

$$\begin{aligned}\sum X = 0: & \quad -R_2 \cos \alpha + N_1 = 0; \\ \sum Y = 0: & \quad 2P + q \cdot 1680 - R_2 \sin \alpha - R_1 = 0; \\ \sum M = 0: & \quad P \cdot 1680 + P \cdot 1080 + q \cdot \frac{1680^2}{2} - R_2 \sin \alpha \cdot 378 = 0.\end{aligned}\tag{3.1}$$

Розв'язавши систему рівнянь статики (2.17), отримуємо зусилля на штоці гідроциліндра 1 $R_2 \approx 34 \text{ кН}$.

Необхідний діаметр гідроциліндра визначимо із співвідношення:

$$P = p \cdot S, \tag{3.2}$$

де p – тиск в гідросистемі націпки трактора, $p = 30 \text{ МПа}$;

S – площа, на якій діє тиск, м^2 .

Зусилля на штоці гідроциліндра з круглим поршнем діаметром D :

$$R_2 = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

звідки

$$D = \sqrt{\frac{4R_2}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 34000}{30 \cdot \pi}} \approx 38 \text{ мм.}$$

Вибираємо стандартний гідроциліндр для спецтехніки Ц40×160-11 з внутрішнім діаметром D=40 мм і ходом штока 160 мм.

3.3. Розрахунок опорних коліс

Опорні колеса косарки складаються із коліс та рухомої стойки, яка призначена для регулювання вручну висоти зрізування травостою.

На косарку встановлено опорні колеса діаметром 300 мм і шириною 100 мм на які навантаження діє тільки під час виконання технологічного процесу скошування травостою.

Вибираємо для косарки більш прості та дешеві колеса з металевим ободом, хоча для уникнення великого тиску на ґрунт рекомендують пневматичні колеса, оскільки у них менший опір коченню, і на відміну від інших коліс, вони не так сильно подрібнюють ґрунт на пилоподібні фракції.

Перевіримо, чи підходить колесо з вищезгаданими параметрами до розробленої конструкції малогабаритної косарки.

Необхідний діаметр колеса для малогабаритної косарки запропонованої конструкції можна розрахувати із формули Грандвуане-Горячкіна, яка визначає опір перекошування колеса (необхідну штовхаючу силу) [7]:

$$Q = 0.863 \sqrt{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (3.3)$$

де G – частина ваги агрегату, яка припадає на одне колесо, Н.
 $G=228\text{кг}\approx 2280/2\approx 1150 \text{ Н};$

q – коефіцієнт об’ємного зминання ґрунту, $q=2,0-4,0$ Н/см³ [7];

$b=100$ мм – ширина колеса,

d – діаметр колеса, мм.

Опір перекочування коліс картоплекопача визначаємо за формулою:

$$Q = G \cdot f ;$$

$$Q = 1150 \cdot 0.2 = 230 \text{ Н.}$$

З формули (2.29) визначаємо мінімальний діаметр колеса:

$$d = \sqrt{0.86^3 \frac{(G/4)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}} , \quad (3.4)$$

$$d = \sqrt{0.86^3 \frac{(1150/4)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 228^3}} \approx 30 \text{ мм.}$$

Отже, колесо діаметром 300 мм із значним запасом задовольняє умови перекочування і підходить для косарки нової конструкції.

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо малогабаритної косарки.

На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_{\Gamma} \cdot l_B , \quad (3.5)$$

де $R_{\Gamma} = (R_T \sin \alpha)/2$ - вертикальна складова опору ґрунту, Н:

$$R_{\Gamma} = (4000 \cdot \sin 18)/2 = 618 \text{ Н};$$

l_B – плече дії сили R_{Γ} , м. $l_B = 0,070$ м.

$$M_B = 618 \cdot 0.07 = 43.26 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Діаметр осі у небезпечному перетині визначають за формулою [7]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0.1[\sigma]}, \quad (3.6)$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{43.26 / 0.1 \cdot 55} = 0.02 \text{ м.}$$

Отже, мінімальний діаметр осі колеса становить 20 мм.

3.4. Комп'ютерне моделювання

На рис. 3.3 показана 3D модель косарки, створена за допомогою системи твердотільного моделювання Компас-3D.

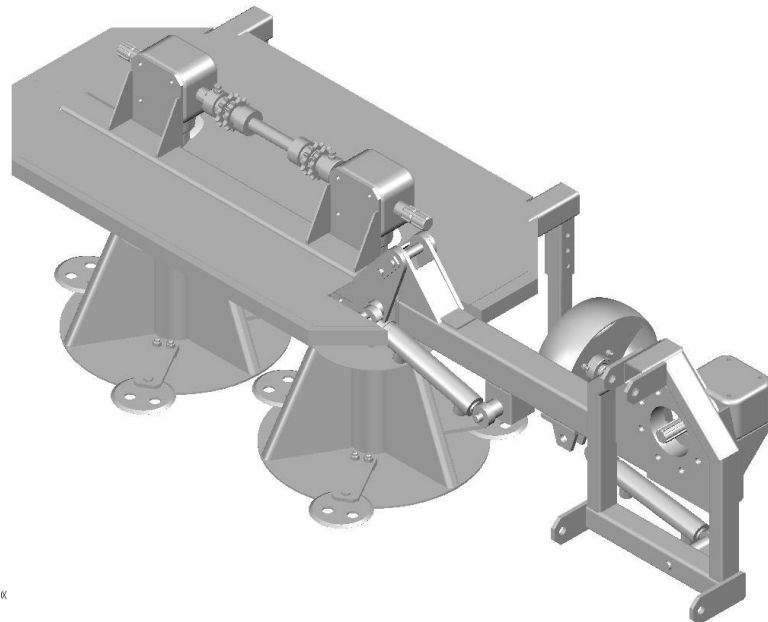


Рисунок 3.3 – Твердотільна модель ротаційної косарки

У системі тривимірного моделювання Компас-3D створюємо твердотільну модель найбільш навантаженого елемента косарки – ножа ротора.

Ніж пропонованої конструкції має вигляд диска з ріжучою кромкою. У диску виконано три отвори для швидкого відновлення ріжучої здатності ножа шляхом його повороту на 120° і кріплення через сусідній отвір, де кромка леза не затуплена.

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks проводимо статичний аналіз впливу отворів ножа на його напружено-деформівний стан (рис. 3.4).

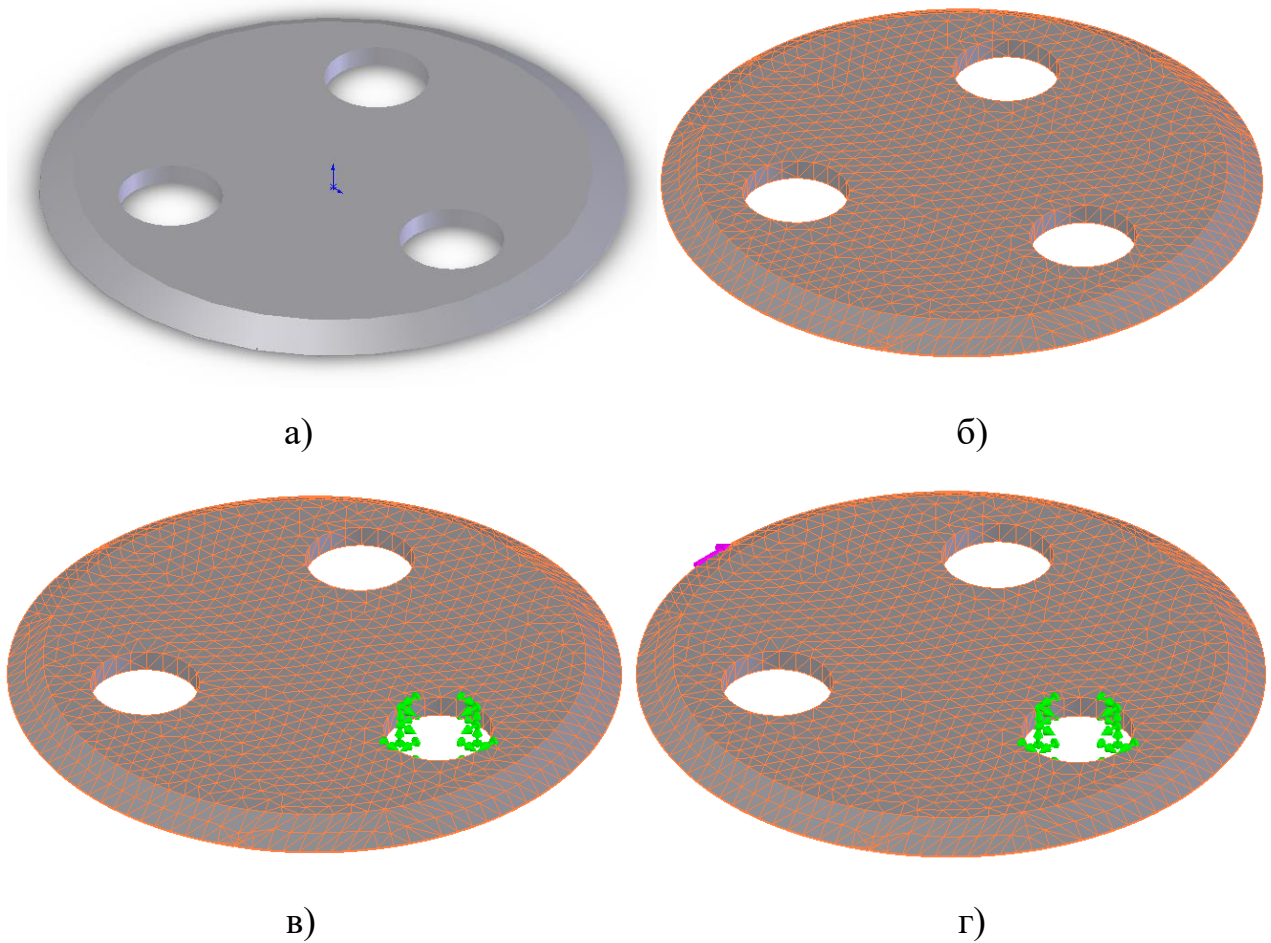


Рисунок 3.4 – Моделювання дискового ножа

Для цього створюємо CAD-модель дискового ножа (рис. 3.4, а).

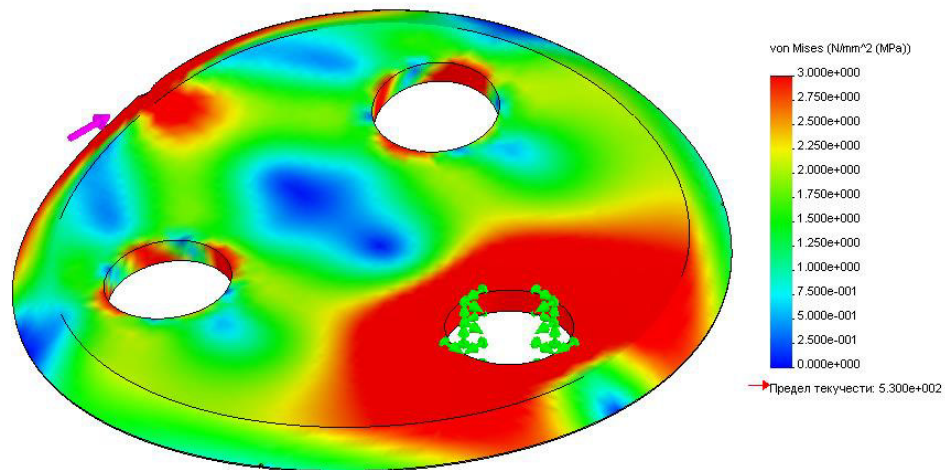
Створюємо сітку кінцевих елементів (рис. 3.4, б).

Задаємо умови закріплення ножа (рис. 3.4, в). Оскільки ніж на роторі кріпиться нерухомо, то задаємо умови защемлення в одному з отворів диска.

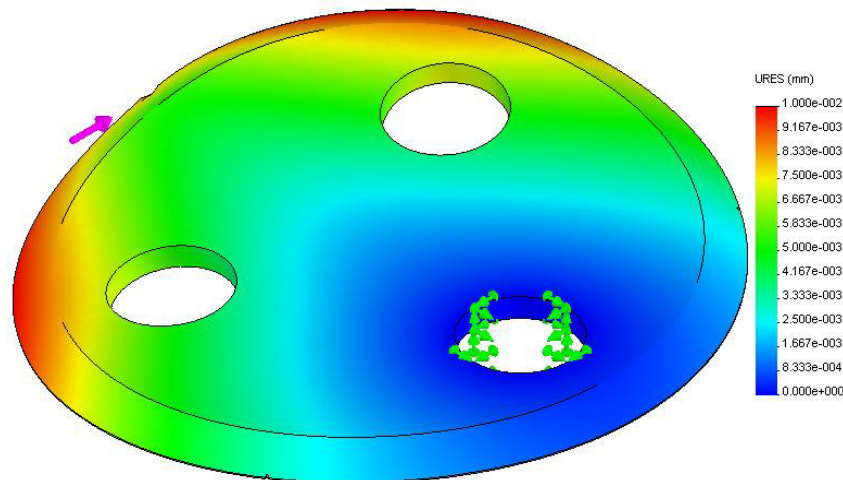
Задаємо зовнішнє навантаження, яке діє на ріжучу кромку диска. Для цього на кромці, в точці діаметрально протилежній закріпленому отвору, задаємо зосереджену силу різання $P_p = 291\text{Н}$ (рис. 3.4, г), значення якої розрахована у пункті 2.4.

Результати розрахунку напружено-деформованого стану дискового ножа за допомогою модуля кінцеелементного аналізу Simulation системи тривимірного моделювання SolidWorks подано на рис. 3.5 та рис. 3.6.

Для аналізу впливу отворів дискового ножа на його напружено-деформований стан, розрахунок проводимо для реального ножа з трьома отворами (рис. 3.5) та умовного ножа з одним отвором (рис. 3.6).

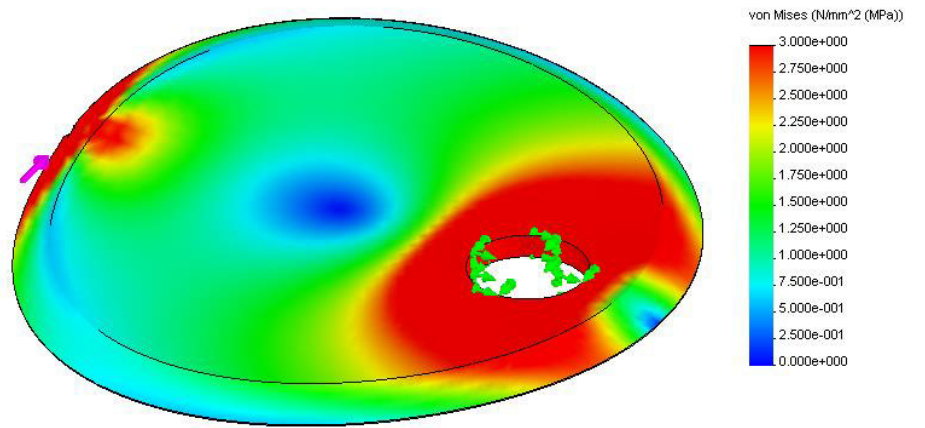


а)

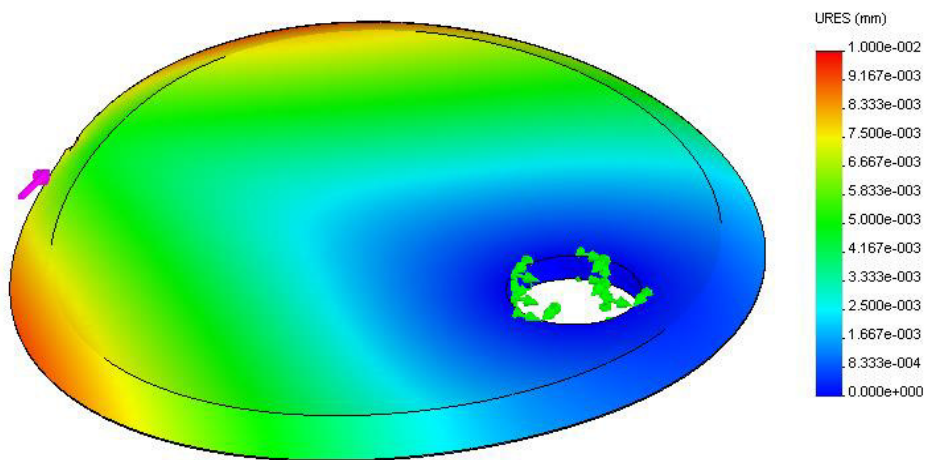


б)

Рисунок 3.5 – Результати розрахунку напружено-деформованого стану дискового ножа з трьома отворами:
а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса);
б - переміщення точок, мм.



а)



б)

Рисунок 3.6 – Результати розрахунку напружено-деформованого стану дискового ножа з одним отвором:
а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса);
б - переміщення точок, мм.

Як бачимо з результатів розрахунків, додаткові отвори у дисковому ножі викликають інтенсифікацію максимальних напружень всього на 2-3 МПа та спричиняють підвищення деформації ножа до десятих часток міліметра. Але загалом ці фактори не мають суттєвого негативного впливу на напружено – деформований стан дискового ножа.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Завдання безпеки життєдіяльності

Безпека життєдіяльності (БЖД) – це наука, що вивчає теоретичні основи взаємодії людини з навколишнім середовищем і способи забезпечення безпеки її життя і діяльності в середовищі існування й умовах сучасного виробництва.

Головною задачею науки про безпеку життєдіяльності є забезпечення комфортних умов існування людини на всіх стадіях її життєвого циклу і нормативно припустимих рівнів впливу негативних факторів на людину і природне середовище.

Інтенсивне зростання народонаселення, розвиток промисловості, енергетики, транспорту, а також збільшення числа надзвичайних ситуацій викликає збільшення рівня впливу негативних факторів на навколишнє середовище і людину, вносить дисбаланс у природні процеси, які забезпечують стабільність життєвого циклу на Землі.

В діалектичному аспекті стан навколишнього середовища, яке включає атмосферу, літосферу та гідросферу, фауну, флору, тобто біосферу Землі (виключаючи вплив людини) повинен характеризуватися так званою «динамічною рівновагою».

Таке положення (динамічна рівновага) визначає поступовий природно логічний розвиток, логічно обумовлену еволюцію біосфери, яка диктується об'єктивними законами її розвитку.

Аналіз сумісного розвитку біосфери та людства на протязі історично значного часу показує, що ці природні об'єктивні закони розвитку біосфери підлягають впливу діяльності людини, яка прогресивно інтенсифікується.

Діяльність є необхідною умовою існування людини і людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони включають інтелектуальні, прикладні і духовні процеси, що протікають у виробничій, науковій, суспільній, культурній, у побуті, і інших сферах життя людини.

Досвід еволюції людства свідчить, що його будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Модель процесу діяльності людини в найбільш загальному вигляді можна представити узагальненою системою, яка складається з двох взаємозалежних елементів: «людина» і «середовище її існування» (рис. 4.1). Задачею рівноважного існування системи «людина – середовище існування» є досягнення наступних двох цілей.

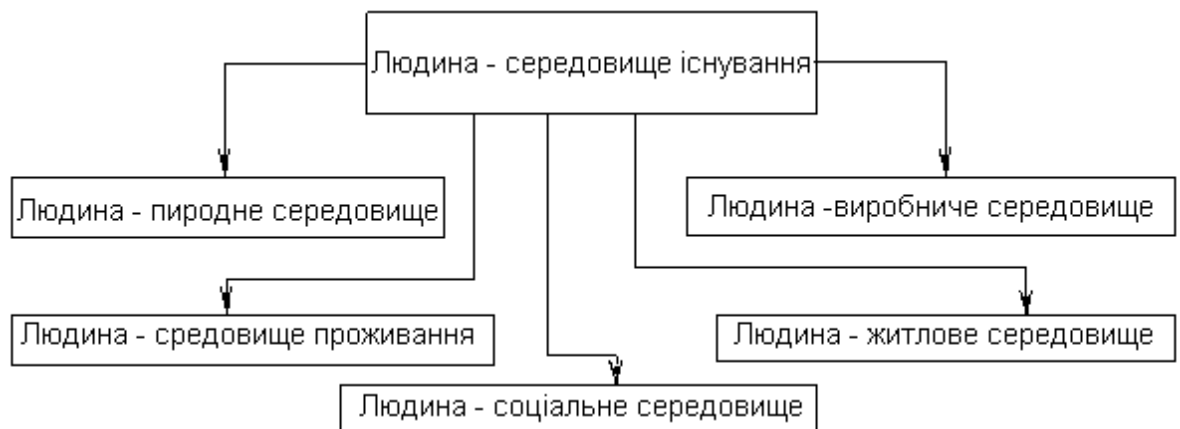


Рис. 4.1. Структурна схема системи «людина – середовище існування»

Перша ціль полягає в забезпеченні позитивного ефекту в плані підвищення продуктивності праці і, як наслідок – комфортності життя людини.

Друга ціль полягає у виключенні небажаних наслідків діяльності людини на навколишнє середовище і здоров'я сьогоdnішнього і майбутнього поколінь.

До основних негативних наслідків діяльності людини відносяться такі: збиток здоров'ю і життю людини, пожежі, аварії, катастрофи, тобто явища, що вносять елемент порушення в динамічну рівновагу стану системи «людина – середовище існування». Унаслідок цього негативні явища, що виникають у розглянутій системі в результаті діяльності людини чи природних процесів, що протікають у середовищі існування, називаються небезпеками.

Безпека – це стан системи «людина – середовище існування» при якому з визначеною імовірністю виключається прояв небезпек.

Забезпечення комфортних умов діяльності і відпочинку створює передумови для прояви найвищої працездатності людини. При цьому

формування, вибір і визначення комфортних умов (параметрів і організації виробничого, природного, соціального середовища, середовища проживання) діяльності і відпочинку повинні ґрунтуватися на знанні закономірностей взаємозв'язків системи «людина – середовище існування», фізіології людини, його психологічного стану і функціональних можливостей. У результаті реалізації такого підходу забезпечується зменшення травматизму і захворюваності людей, зменшення кількості цих небезпек і зниження їх рівня.

Таким чином, забезпечення безпеки і нешкідливості праці, ефективного відпочинку, з дотриманням вимог екології, природних процесів розвитку біосфери буде забезпечувати збереження життя і здоров'я не тільки людини, але і біосфери Землі, а значить і людства в цілому.

Зниження ступеня небезпеки і шкідливості негативних факторів середовища існування, зменшення їхньої кількості, виконується на основі інформації, яка одержується в процесі ідентифікації (розпізнавання) цих негативних факторів і забезпечується доцільним вибором і застосуванням конкретних ефективних захисних методів і засобів.

Виходячи з цього, комплексною науковою задачею БЖД є теоретичний аналіз, розробка методів ідентифікації і кількісної оцінки негативних факторів, які генеруються складовими середовища існування.

При цьому пріоритетним напрямком є рішення задач БЖД на етапі проектування предметів праці, діяльності людини, а також прогнозування природних явищ, які можуть викликати аварії, катастрофи, надзвичайні ситуації. Наукові задачі БЖД не обмежуються перерахованими аспектами. До них відносяться також наступні напрями:

- комплексна оцінка багатфакторного впливу негативних факторів середовища існування на працездатність і здоров'я людини;
- визначення параметрів комфортних умов праці і відпочинку;
- розробка і реалізація нових методів і засобів захисту людини і навколишнього середовища від дії негативних факторів;
- моделювання надзвичайних ситуацій.

Практичні задачі БЖД полягають у розробці і створенні нових принципів і засобів захисту людини і природного середовища від впливу негативних факторів.

Виходячи з цього, об'єктом вивчення БЖД є комплекс явищ і процесів у системі «людина – середовище існування», що негативно впливають на людину і природне середовище (в глобальному масштабі – на біосферу Землі).

З метою докладного аналізу взаємозв'язків у якості складових узагальненої системи «людина – середовище існування», виділяються наступні основні підсистеми:

«Людина – природне середовище». Причому, поняття «природне середовище» містить у собі флору і фауну, мікро- і макроорганізми, що являють собою біосферу Землі;

«Людина – виробниче середовище». У цю підсистему, у свою чергу входять такі системи як «людина – машина», «людина – робоча зона»;

«Людина – середовище проживання» («людина – міське середовище» чи «людина – сільське середовище»);

«Людина – житлове середовище» («людина – побутове середовище»);

«Людина – соціальне середовище». Ця підсистема охоплює практично взаємозв'язки людини, як індивідуума, в усіх перерахованих вище підсистемах.

У процесі еволюції людини сформувалася також підсистема «виробниче середовище – природне середовище», яка називається техносферою. Практично ця підсистема сформувалася внаслідок предметної діяльності людини, що сполучена з виникненням нових негативних факторів різного рівня інтенсивності, які діють як на людину, так і на природне середовище – біосферу Землі. Унаслідок цього область техносфери, поширюючись на атмосферу, гідросферу і літосферу, робить свій негативний вплив як на фауну, так і на флору Землі вносить елемент порушення в динамічний рівноважний стан системи «людина – середовище існування».

Таким чином, техносфера – це локалізована область біосфери, яка сформувалася в результаті діяльності людини в регіонах розміщення великих

міст і промислових об'єктів. Фізико-хімічні та біологічні характеристики техносфери відрізняються від природних характеристик біосфери, наприклад, підвищеним рівнем теплових випромінювань, підвищеною запиленістю, загазованістю повітря, підвищеним рівнем енергетичних випромінювань, підвищеним рівнем шуму і вібрації, зниженою концентрацією або відсутністю природних мікроорганізмів, присутністю модифікованих вірусів, бактерій і т.п.

Виходячи зі структури й існуючих взаємозв'язків системи «людина – середовище існування» впливає, що наука «Безпека життєдіяльності» вивчає негативні фактори, їхній вплив на людину і навколишнє, виробниче, побутове, міське середовище, як в умовах повсякденного життя, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження.

Реалізація цілей і рішення задач безпеки життєдіяльності включає наступні основні етапи наукової і практичної діяльності людини:

- ідентифікація негативних факторів і опис зон їхнього впливу на біосферу Землі. На цьому етапі досліджується комплексний вплив негативних факторів техносфери і негативний вплив її окремих складових – підприємств, машин, приладів і т.п. Ідентифікації підлягають як реальні, так і потенційні небезпеки, що повинні виявлятися на етапі проектування при аналізі технологічних і виробничих процесів існуючих промислових об'єктів;
- розробка і реалізація ефективних систем попередження і методів захисту від небезпек. Такі системи і методи повинні розроблятися і закладатися для технічної реалізації на етапі проектування об'єктів предметної діяльності людини. Вони повинні бути невід'ємною частиною процесу створення об'єкта будь-якої складності;
- розробка і реалізація, створення, підготовка і утримування у належному технічному стані засобів, передбачених для ліквідації наслідків реалізації небезпек;
- організація навчання населення питанням забезпечення безпеки життєдіяльності в реальних ситуаціях;

- підготовки фахівців із забезпечення безпеки життєдіяльності.

Основними методами, що застосовуються для рішення задач у БЖД, є моделювання, спостереження, експеримент, математична статистика, аналіз, прогнозування. При цьому використовуються досягнення природознавчих наук, професійної медицини (гігієни праці), психології, економіки і дослідження соціальних явищ, результати науково-технічного прогресу. Завдяки такому підходу до вирішення поставлених задач забезпечується вибір оптимальних форм діяльності людини, організації праці, відпочинку, професійного добору, заснованих на медико-біологічних, технічних, ергономічних, суспільно-правових і наукових основах.

4.2. Вимоги з техніки безпеки для проектованої машини

Для безпечної роботи на сільськогосподарській машині необхідно дотримуватись наступних вимог:

До роботи по технічному обслуговуванню, транспортування, обкатці і використанню машини допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку, при наявності відповідного посвідчення на право керування даною машиною.

Перед пуском двигуна важіль переключання діапазонів повинен бути в нейтральному положенні, а подушки педалей управління гідронасосом – в одному положенні. При цьому важіль керування гідронасосом повинен знаходитися в вертикальному положенні. Муфта приводу робочих органів повинна бути включена.

Перед включенням передач, а також початком руху водій повинен впевнитись в відсутності сторонніх людей на машині або коло неї і подати попереджувальний звуковий сигнал.

Для попередження випадкового руху машини із місця водій повинен перед виходом із кабіни при працюючому двигуні заблокувати педалі управління гідронасосом і загальмувати машину стоянковим гальмом.

При русі машини водій повинен знаходитись на сидінні. Забороняється перебування сторонніх людей на працюючій машині та біля неї.

Забороняється очищати, ремонтувати або регулювати вузли машини під час її руху. Всі види регулювань виконуються при зупиненому двигуні.

Забороняється працювати під машиною, якщо копачі підняті і під колеса непідставлені упорні клини. В випадку ремонту копачів або технічного огляду за ними необхідно попередньо підставити в місцях піддомкращувальні пристрої підпори, а під колеса встановити упорні клини. При слабому ґрунті під домкрат підставляють міцну дошку. Якщо при проведенні технічного огляду або ремонті потрібно підняти одну із сторін машини, користуються домкратом вантажопідйомністю не менше 5 т. Неможна знаходитись під машиною, піднятою на домкрат.

Забороняється чіпати робочі органи при працюючому двигуні.

Забороняється експлуатувати машину без захисних кожухів і огорож карданних, пасових і ланцюгових передач.

Надівати паси і ланцюги на шківи і зірочки, а також змащувати підшипники під час роботи машини забороняється.

Забороняється працювати на машині при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

Необхідно систематично перевіряти справність і надійність роботи гальм, рульового керування, механізму перемикання діапазонів.

При машинні повинна бути аптечка із необхідними медикаментами.

Неможна працювати в незручному одязі.

Недопускається перевезення вантажів в бункері.

Швидкість транспортування машини при значних нахилах дороги повинна бути до 4 км/год. При поворотах швидкість необхідно зменшити до

2,7 км/год. Рух по дорогам загального використання проводиться в відповідності до “Правил дорожнього руху”.

При довготривалих переїздах машин гнучкі ланки приводу робочих органів зняти.

Транспорт, швидкість руху якого рівна або перевищує максимальну швидкість руху машини, обганяти забороняється.

При переводі навантажувального елеватора із робочого в транспортне положення попередньо необхідно пересвідчитись в наявності вільного простору, оскільки габаритні розміри елеватора по висоті при переводі перевищують 4м.

Переїзди через тунелі, мости, необхідно проводити на понижених швидкостях.

При роботі машини металеві труби гідропривода на ходову частину можуть нагріватися до 70-80°C. Для попередження опіків бути особливо уважними при обслуговуванні машини в перші 20-30 хвилин після зупинки двигуна.

В польових умовах заправку машин, а також роботи по технічному обслуговуванні необхідно виконувати в світлу пору доби.

При одночасному обслуговуванні машини декількома робітниками необхідно назначати старшого групи, якому доручається контроль за правилами техніки безпеки.

При проведенні робіт, пов'язаних із застосуванням електроенергії, необхідно забезпечити електробезпеку в відповідності із правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

Інструмент, пристосування і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватися тільки за своїм призначення, бути справним і забезпечувати безпеку проведення робіт.

ВИСНОВКИ

Основними споживачами малогабаритної сільськогосподарської техніки залишаються виробничі сектори, що не потребують обробітку великих площ, зокрема овочівництво, садівництво, кормовиробництво та тваринництво.

У кваліфікаційній роботі запропоновано технічне рішення у вигляді компактної навісної роторно-дискової косарки, яка агрегатується з тракторами малої потужності. Конструкція агрегату адаптована для сумісності з тракторами тягового класу від 0,2 до 0,9. Ширина захвату косарки становить до 1,5 м, із можливістю формування валка. Орієнтовна робоча продуктивність – близько 1,5 га/год.

Розроблена роторно-дискова косарка вирізняється спрощеною конструкцією, функціональністю та високою надійністю. Конструктивні рішення забезпечують зручний доступ до основних вузлів для проведення технічного обслуговування та ремонту.

Ріжучий апарат ротаційного типу оснащено ножами дискової форми, кожен з яких має три монтажні отвори, що спрощує їх заміну у разі затуплення ріжучої кромки.

Привод ріжучого механізму сформовано з високонадійних кінематичних елементів, до складу яких входять конічні редуктори, телескопічний вал, обгінна муфта, компенсаційні муфти та підшипникові вузли.

Механізм зміни положення косарки забезпечує експлуатацію агрегату в різних режимах: горизонтальне положення роторів – для скошування трав, вертикальне – для підрізання чагарників і дерев.

Транспортування косарки може здійснюватися у двох положеннях у вертикальному або у горизонтальному положенні зі повертанням на 180°.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
3. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
5. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій та ін. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
6. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
8. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
9. М. Підгурський, М. Сташків. Методи визначення КІН для дефектних елементів відкритого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. - № 2. – С. 92 – 108.
10. Машини для заготівлі та приготування кормів: Посібник / За ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. 136 с.

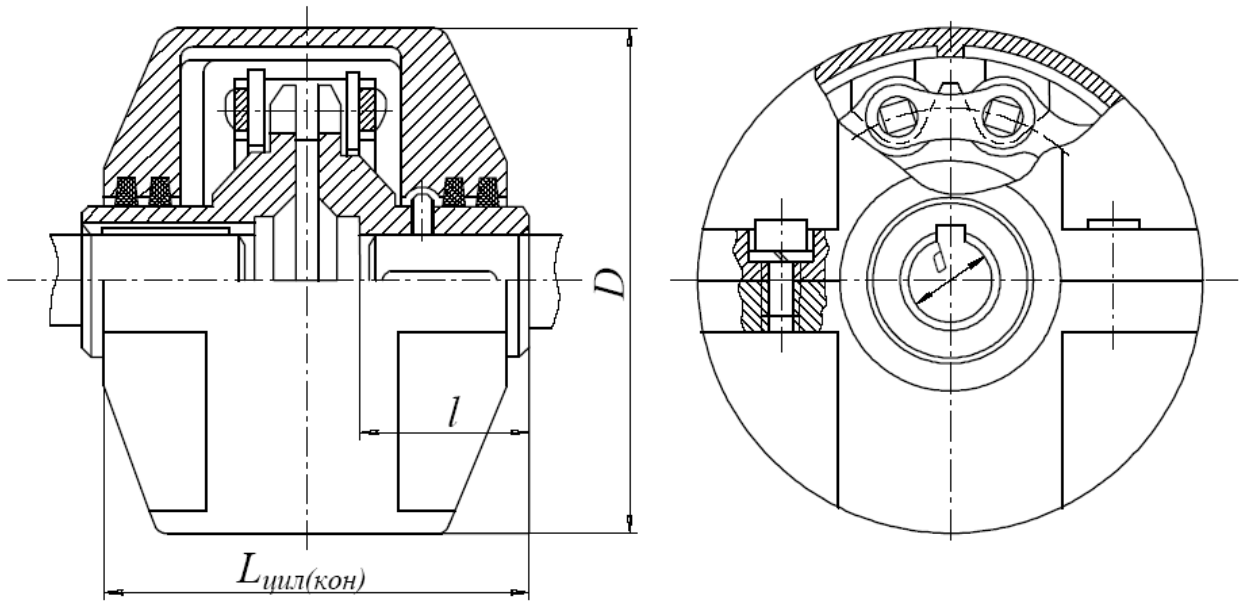
11. Машина для збирання врожаю сільськогосподарських культур: методичні вказівки до виконання практичної роботи з навчальної дисципліни «Сфера діяльності інженера-механіка з агроінженерії» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої спеціальності 208 «Агроінженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад. А.Д. Михайлов – Харків: [б. в.], 2023. – 27 с.
12. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. – 47 с.
13. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
14. Підгурський М. Особливості дослідження напружено-деформівного стану будівельних сталевих перфорованих балок методом скінчених елементів / М. Підгурський, І. Підгурський, М. Сташків, В. Ігнат'єва, С. Данильченко, Д. Биків, О. Підлужний // Вісник ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – Том 111. – № 3. – С. 126 – 138.
15. Підгурський М., Сташків М.. Розвиток наскрізних тріщин в гнutoзварних тонкостінних елементах коробчастого профілю // Вісник ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 4. – С. 78 – 86.
16. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
17. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
18. Рибак Т., Підгурський М., Сташків М.. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. – С. 6-9.

19. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль: ВАТ ТВПК „Збруч”, 2003. 332 с.
20. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
21. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
22. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
23. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
24. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
25. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
26. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
27. Сташків М. Визначення КІН для кутової наскрізної тріщини у тонкостінному стержні прямокутного профілю при дії згинального моменту // Вісник ТДТУ, 2003. – Т.8. – №3. – С. 32 – 38.
28. Хомик Н.І. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Параметри ланцюгової муфти



[T], Н·м	Параметр, мм						Кіл-сть зубців напівмуфт z	Маса, кг
	d	l _{цил}	l _{кон}	L _{цил}	L _{кон}	D		
63	20, 22, 24	36	25	102	80	110	12	3,15
	25, 28	42	27	122	92			3,25
125	25, 28	58	39	162	124	125	10	3,80
	30, 32, 35, 36							4,50
250	32, 35, 36, 38	82	57	222	172	140	12	4,80
	40, 42, 45							5,7
500	40, 42, 45, 48	82	57	222	172	200	14	13,10
	50, 53, 55, 56							14,60
1000	50, 53, 50, 56	82	57	222	174	210	12	14,70
	60, 63, 65, 70, 71	105	73	284	220			19,50
2000	63, 65, 70, 71	130	94	344	272	280	12	29,50
	75, 80, 85, 90							42,60
4000	80, 85, 90, 95	165	124	424	342	310	14	49,00
	100, 105, 110							54,00
8000	100, 105, 110, 120, 125	200	154	504	408	350	16	78,90
	130, 140							89,40