ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації скошування трав з модернізацією різального апарату ротаційної косарки

Виконав: студент 3 курсу,

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Сухий Владислав Олександрович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____ _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
_____ Теслюк Г В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ
Сухому Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації скошування трав з модернизацією різального апарату ротаційної косарки
керівник роботи Сокол Сергій Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 5 » травня 2026 року № 912 .

2. Строк подання студентом роботи 8.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання та існуючих засобів механізації заготівлі сіна. Патентний пошук, аналіз літературних джерел та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз стану механізації заготівлі сіна. 2. Аналіз сучасних технічних засобів заготівлі сіна. 3. Обгрунтування схеми вдосконалення та параметрів ротаційної косарки. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка впровадження вдосконаленої косарки. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Патентний огляд. 2. Функціональна схема вдосконаленої косарки. 3. Складальне креслення вдосконаленого вузла. 4. Деталювання. 5. Економічні показники .

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
нормоконтроль	Лепеть Є.І., асистент		

7. Дата видачі завдання: 5.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	5.05-10.05.26 р	
2	Технологічний	11.05-16.05.26 р	
3	Конструктивний	17.05-21.05.26 р	
4	Охорона праці	22.05-25.05.26 р	
5	Економічний	26.05-30.05.26 р	
6	Графічна частина	1.06-8.06.26 р	

Студент _____ Сухий В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Сокол С.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№	Фор-мат	Позначення	Найменування	К-сть арку-	Номер аркуша	Приміт-ка
			Текстові документи			
1	А4	52ДП.060.000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	72		
			Графічні матеріали			
2	А1	52ДП.060.000.000	Патентний огляд	1	1	
3	А1	52ДП.060.000. ВЗ	Загальний вид косарки КРН-2,1	1	2	
4	А2	52ДП.060.000.СК	Складальне креслення ротаційного різального	1	3	
5	А3	52ДП.060.000.007	Вал	1	3	
6	А3	52ДП.060.006.004	Диск	1	3	
7	А4	52ДП.060.006.007	Пружина	1	3	
8	А4	52ДП.060.006.008	Упор	1	4	
9	А4	52ДП.060.006.001	Ніж	1	4	
10	А4	52ДП.060.006.003	Вісь	1	4	
12	А1	52ДП.060.000.ПЕ	Економічні показники проекту	1	5	

					52ДП.060.000.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Сухий В.О.			Удосконалення механізації скошування трав з модернизацією різального апарату ротаційної косарки	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевірив		Сокол С.П.					
Консультант						ДДАЕУ	
Н. контр.		Лепеть Є.І.					
Затвердив		Теслюк Г.В					

АНОТАЦІЯ

Сухий В.О. Удосконалення механізації скошування трав з модернизацією різального апарату ротаційної косарки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проект містить: анотацію; вступ з обгрунтуванням поставленого завдання; аналіз технології вирощування сільськогосподарської культури; фізико-механічні властивості об’єкта дослідження; агротехнічні вимоги до виконання процесу; огляд літературних джерел по засобах механізації і аналіз недоліків при виконанні агротехнічних процесів в конкретних умовах роботи; огляд перспективних конструкторських пропозицій по удосконаленню засобів механізації; обгрунтування схеми вдосконалення і основних параметрів засобу механізації процесу; інженерно-технічні розрахунки; опис робочого процесу вдосконаленої машини; охорона праці; економічна оцінка рівня удосконаленого технічного засобу; висновки і пропозиції та список використаної літератури.

Ключові слова: сіно, ротаційний різальний апарат; ніж різання.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 7

1. **АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАГОТІВЛІ СІНА**…… 8

1.1. Існуючі технології заготівлі сіна. ……..... 8

1.2 Агротехнічні вимоги до заготівлі сіна ..…...……...…….. 18

1.3 Фізико-механічні властивості трав …….. 20

2. **ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОСАРОК І РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ** 26

2.1 Огляд існуючих та перспективних конструкцій косарок…… 26

2.2 Аналіз ротаційних робочих органів та патентних пропозицій по їх вдосконаленню ……..... 32

2.2.1 Аналіз робочих органів ротаційних різальних апаратів.…… 32

2.2.2 Патентний аналіз по ротаційним ріжучим апаратам…… 36

3. **ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ**……... 44

3.1 Особливості роботи ротаційного різального апарату …… 44

3.2 Розрахунок основних параметрів модернізованої косарки…….. 52

3.2.1 Розрахунок геометричних та кінематичних параметрів…….. 52

3.2.2 Розрахунок тягової здатності..……... 55

3.2.3Визначення допустимої корисної напруги……. 56

3.2.4 Розрахунок шпонкового з'єднання ведучого шківа……... 61

4. **ОХОРОНА ПРАЦІ** …… 64

4.1 Вимоги безпеки при роботі на агрегаті для зкошування трав……. 64

4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи…….. 65

4.3 Вимоги безпеки під час виконання робіт …… 65

5. **ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННОЇ КОСАРКИ**…… 67

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ……....69

ЛІТЕРАТУРА……71

ДОДАТКИ……73

ВСТУП

Сіно є одним із головних видів грубих кормів для великої рогатої худоби в зимовий період утримання. Від його якості та кількості значною мірою залежить продуктивність тварин і ефективність ведення тваринництва. У зв'язку зі збільшенням потреб галузі особливого значення набуває підвищення обсягів виробництва сіна та покращення його поживної цінності.

Важливою умовою розвитку польового і луко-пасовищного кормовиробництва є збільшення врожайності багаторічних бобових трав та їх сумісних посівів зі злаковими культурами. Вирощування таких травостоїв сприяє підвищенню родючості ґрунтів, покращенню їх фізичних властивостей і забезпеченню тварин високоякісними білковими кормами.

Ефективність технологічних процесів заготівлі сіна забезпечується використанням сучасної високопродуктивної техніки та неухильним дотриманням агротехнічних вимог під час виконання всіх механізованих робіт. Проведення технологічних операцій у встановлені строки та з належною якістю дає можливість максимально реалізувати потенціал кормових культур і зменшити потребу у використанні хімічних засобів захисту рослин.

Метою дипломного проекту є вдосконалення косарки КРН-2,1 шляхом розробки ножів різального апарату для підвищення якісних показників виконання технологічного процесу.

Задачам проекту є:

- аналіз стану механізації скошування трав на сіно та основних недоліків існуючих машин;
- обгрунтування необхідності та можливості проведення вдосконалення і розрахунок конструктивних і кінематичних параметрів;
- обгрунтування економічної ефективності впровадження модернизованої косарки у виробництво.

1.АНАЛІЗ СТАНУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗАГОТІВЛІ СІНА

1.1. Існуючі технології заготівлі сіна

Технологічний процес заготівлі сіна передбачає виконання комплексу взаємопов'язаних операцій. Спочатку проводять скошування трав із укладанням скошеної маси в прокоси або валки, а за потреби — одночасно здійснюють плющення рослин для прискорення висихання. Після цього виконують ворушіння трави, що сприяє рівномірному пров'ялюванню та зменшенню вологості корму.

Наступними етапами є згрібання підсушеної маси у валки та їх перевертання для покращення умов сушіння. Після досягнення необхідної вологості сіно підбирають із валків із одночасним пресуванням у тюки або рулони, а також можуть формувати копиці чи стоги. Далі корм завантажують на транспортні засоби та доставляють до місць зберігання.

Для всіх зон країни передбачена технологія збирання пресованого сіна в тюках і рулонах (табл. 1.1). Основними машинами для цієї технології є прес-підбирачі. Прес-підбирач Г1С-1,6 формує тюки прямокутної форми розміром 360Х500Х1000 мм і автоматично скручує їх синтетичним шпагатом або дротом. Щільність пресування регулюється в межах 120-200 кг/м^3. Після виходу з пресувальної камери тюки з допомогою пристосування, агрегатируемого з прес-підбирачем, можуть подаватися в транспортні засоби. У цьому випадку трактор, прес-підбирач і пристосування для завантаження пакунків утворюють замкнутий робочий агрегат, що дозволяє трактористу механізувати підбір, пресування і навантаження прибираємого сіна.

Вимоги до раціонального комплексу машин для заготівлі сіна в пресованому вигляді, обґрунтовані [1], наступні: кожна машина комплексу, здійснюючи технологічну операцію, повинна створювати умови для продуктивної виконання наступних операцій; суміжні машини комплексу

мають працювати незалежно одна від іншої; на всіх операціях повинен бути усунутий ручну працю.

Цей комплекс складається з прес-підбирача ПС-1,6, підбирача-тюкоукладальника ГУТ-2,5А і транспортувальника штабеля тюків ТШН-2,5А (рис.1.1). При використанні комплексу можна здійснювати заготівлю та укладання пресованого сіна на зберігання без витрат ручної праці.

Переміщаючись по полю, підбирач-тюкоукладчик ГУТ-2,5А підбирає тюки і формує з них штабель (72 пакунка), транспортувальник штабеля ТШН-2,5А транспортує штабель до місця зберігання і встановлює його в скирту. Результати аналізу економічної ефективності заготовки сіна прес-підбирача.

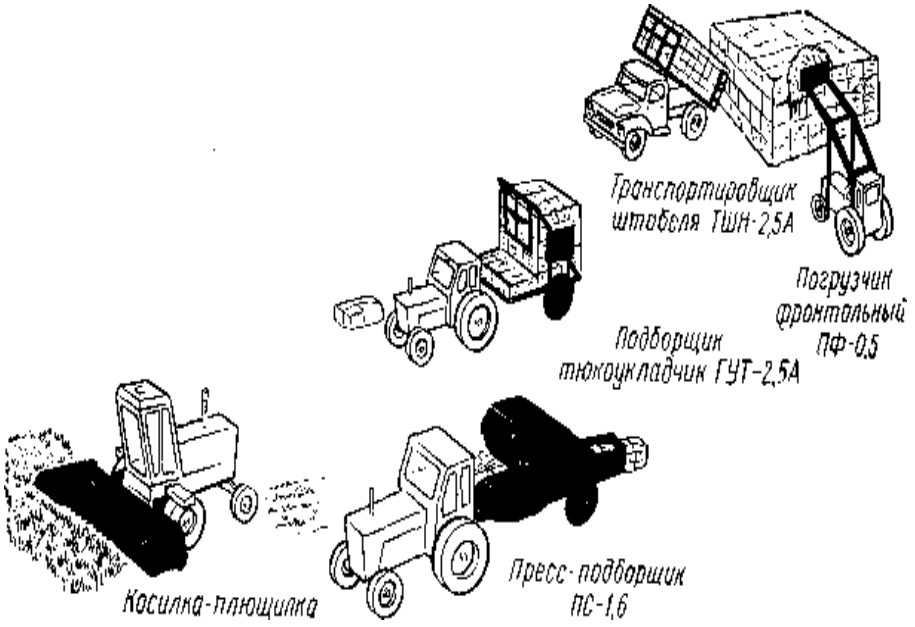


Рис.1.1 Комплекс машин для заготівлі пресованого сіна

ПС – 1,6 при різних способах підбору, загрузки і складання тюків показали, що затрати праці використанні машин ГУТ – 2,5А та ТШН – 2,5 знижуються в 2 рази у порівнянні с затратами у всіх інших способах.

Таблиця 1.1

Коротка характеристика машин для заготівлі пресованого сіна

Машина	Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/ч	Продуктивність, т/ч	Найбільша щільність пресування, кг/м	Тяговий клас або марка трактора	Зона використання
Прес – підбирач ПС – 1,6 з обв'язуванням тюків для роботи в полі і стаціонарних умовах	1,6	9	15	200	1,4	2-11, 12-14, 17-20
Прес – підбірщик ПС – 1,6Г рівнинний	1,6	6	9	200	Т-40АН	5, 6-9, 12-17, 9
Прес – підбірщик К453 (ГДР)	2,2	9	15	200	МТЗ-82 Н	2-11, 12-14, 17-20
Прес – підбірщик рулонний ПРП – 1,6	1,6	8	15	200	1,4	2-20
Прес – підбірщик ПТК – 500 для пресування кормів в крупно габаритні тюки до 500 кг	2	9	15	200	1,4-3,0	2-11, 12-14, 17-20
Підбірщик – метатель тюків МТ – 1	-	9	10	200	1,4	2-20
Підбірщик – погрузчик тюків ПТН – 4 для роботи на схилах до 20	-	6	2	200	Т-40АН МТЗ-82 Н	5, 6, 8, 9, 12-17
Тележка – подборщик ГУТ –	-	9	5	200	1,4	2-11, 12-14,

2,5А для підбору і укладання тюків в штабел						17-20
Транспортировщик штабеля ТШН – 2,5А	-	25	10	200	-	2-11, 12-14, 17-20
Преспідбирач к прес – подборшику ПС – 1,6 для бокової подачі тюків в транспортний засіб	-	-	-	200	-	2-14, 17-20
Приспособление ППУ – 0,5 к ПКУ – 0,8 і ПФ – 0,5 для завантаження рулонів	-	9	15	200	1,4	2-20
Приспособление к ПКУ – 0,8 и ПФ – 0,5 для завантаження крупно габаритних тюків	-	9	15	-	1,4	2-11, 12-14, 117-20
Приспособление – транспортировщик рулонов	-	-	-	-	1,4	2-11, 12-14, 117-20

Заготівля грубих кормів у великих рулонах є порівняно новим напрямком у кормовиробництві. Рулонні прес-підбирачі простіше по конструкції і менш енергоємні, ніж поршневі. Витрата увязочного матеріалу при пресуванні сіна в рулони зменшується в 2 рази порівняно з витратою при пресуванні звичайних тюків.

Прес-підбирач ПРП-1,6 формує рулони діаметром 1500 мм, довжиною 1400 мм, вагою до 500 кг. Підбір відомістю, завантаження їх їм транспортні засоби і укладання в скирту виробляють пристосуванням ППУ-0,5. Транспортування рулонів до місць зберігання можна здійснити причепом 211 ГС-4. При використанні цих машин можлива заготівля сіна без витрат ручної праці (рис. 1.2).

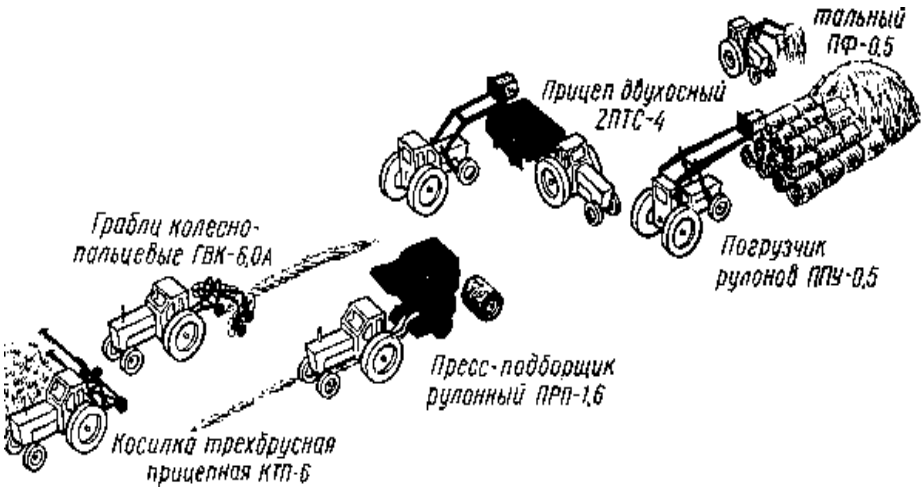


Рис.1.2 Комплекс машин для заготівлі сіна в рулонах

Недоліком технології є те, що сіно в рулонах не може досихати, тому його доводиться прибирати при зниженій вологості, що призводить до деякого збільшення втрат. Однак ці незначні втрати при пресуванні природних трав і зовсім відсутні при заготівлі соломи**.**

Розміри тюків, що формуються поршневими прес-підбирачами, розраховані на ручне навантаження і розвантаження. Механізація цих операцій дозволяє збільшити розмір пакунків, а отже, і продуктивність прес-підбирачів. Для завантаження великих тюків в транспортні засоби, а також їх складування достатньо мати пристосування до навантажувачів ПКУ-0,8 та ПФ-0,5. Для транспортування пакунків можна використовувати автомобілі і тракторні причепи загального призначення.

Для заготівлі розсипного сіна (табл.1.2) призначені два основних комплексу: з копнувачем сіна і стогоутворенням. Перший комплекс (рис.1.3) складається з підбирач-копнувач ПК-1,6А, копновоза КУН-10 і навантажувача ПФ-0,5. Машини комплексу випускають серійно і широко застосовують в сільському господарстві країни.

Таблиця 1.2

Коротка характеристика машин для заготівлі розсипного сіна

Манина	Ширина захвату м	Робоча швидкість Км/ч	Продуктивність т/ч	Об'єм камери м	Тяговий клас трактора	Зона використання
Підборщик-стогоутворювач-СПТ-60	2	9	12	60	2-3	4-9, 11-13 17-19
Підборщик-копнувач Причепний ПК-1,6А	1,6	9	7	12	0,9-1,4	1-19
Причіп-стоговоз СП-60 с механізованим завантаженням і розвантаженням	-	12	6	-	1,4-3	4-9, 11-13 17-19
Підборщик-полупричіп типу НТВС-4 (ЧССР)	2	9	3	45	1,4	1-20
Копновоз-навантажувач навісний універсальний КУН-10	-	-	4	-	1,4	1-20
Навантажувач фронтальний ПФ-0,5	-	0,5 т	15	-	1,4	1-20
Установка вентиляційна УВС-16 для досушування сіна	-	-	0,15	-	1,4	1-20

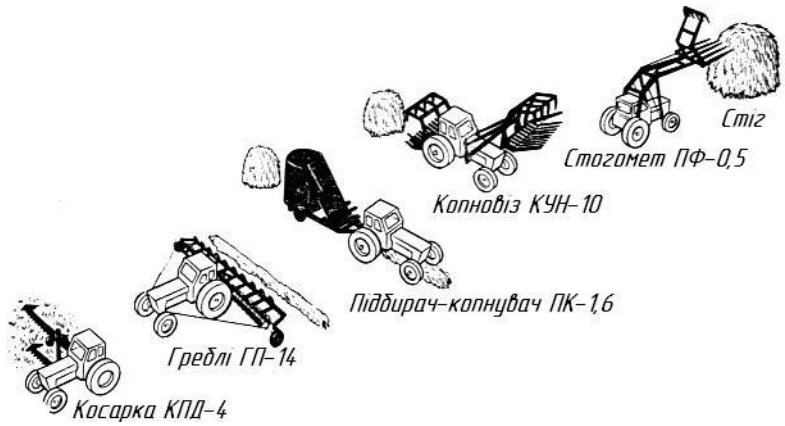


Рис.1.3 Комплекс машин для заготівля сіна з копначем

Суттєвим недоліком технології заготівлі сіна із застосуванням копнувачів є значна кількість проміжних операцій між формуванням копиць та доставкою корму до місць зберігання або безпосередньо на ферми. Під час багаторазового переміщення та перевантаження сіна збільшуються механічні втрати найбільш цінних його частин — листя і суцвіть, що негативно впливає на поживну цінність та якість заготовленого корму. Перевезення сіна затруднена, а його скиртування вимагає витрат ручної праці.

Комплекс машин для заготівлі сіна з стогуванням включає підбирач-стогоутворювач СПТ-60 і стоговіз СП-60. Сіно з валка підбирається підбирачем і розкидачем подається в ємність, де рухомий дахом формується стіг об’ємом 60 м^3. Після того як стіг готовий, його вивантажують на полі. Доставку стоги до місць зберігання здійснюють стоговозом. Безпосередній підбір сіна з валків і його одночасне стогование виключає такі операції, як копнування і навантаження копиць в транспортні засоби, що скорочує втрати сіна і різко підвищує продуктивність праці.

Заготівля сіна з допомогою підбирачів-стогоутворювачів найбільш ефективна в зонах, де є великі рівні поля зі зручними під'їздами до них. Скорочення втрат кормів сприяє впровадження активного вентилювання, для здійснення якого випускається високопродуктивна установка УОС-16. Таким чином, для виконання другої частини робіт щодо заготівлі сіна - підбору з валків, транспортуванні та закладання на зберігання - Системою машин передбачено шість основних комплексів машин:

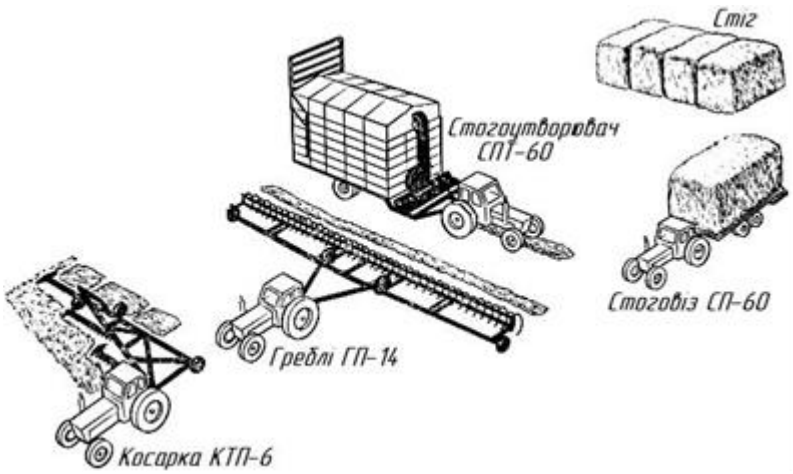


Рис.1.4 Комплекс машин для заготівлі сіна із стогуванням

1) підбирач-копичник ПК-1,6А, копновіз КУН-10, причіп 2ПТС-4 і навантажувач ПФ-0,5;

2) стогоутворювач СПТ-60 і стоговіз СП-60;

3) прес-підбирач ПС-1,6, підбирач-тюкоукладчик ГУТ-2,5А м транспортувальник штабеля тюків

ТІШ-2,8Д;

4) рулонний прес-підбирач ПРП-1,6, копновоз КУМ 10 з пристосуванням для навантаження рулонів ППУ-0,5, причіп 2ПТС-4 і навантажувач ПФ-0,5 з прислособлением ППУ-0,5;

5) прес-підбирач для формування великих прямокутних паки масою до 500 кг, навантажувач ПК.У-0,8 з пристосуванням для завантаження пакунків, причіп 2ПТС-4 і навантажувач ПФ-0,5;

6) підбирач-напівпричіп і навантажувач ПФ-0,5.

Технологія заготівлі розсипного сіна

На сьогодні в кормовиробництві використовують кілька механізованих технологій заготівлі розсипного сіна, які передбачають як повне висушування

трави безпосередньо в польових умовах [1], так і часткове пров’ялювання до вологості не більше 45 %.

Однією з найпростіших і найменш ефективних вважається технологія заготівлі сіна з копнуванням. [3;4] За цією технологією травостій скошують, за необхідності проводять плющення рослин і залишають масу для пров’ялювання. Для бобових культур вологість перед подальшими операціями повинна становити близько 50 %, а для злакових — не більше 45 %.

Після досягнення необхідної вологості траву згрібають у валки, де відбувається її подальше досушування. Надалі сіно формують у копиці, завантажують на транспортні засоби, перевозять до місця зберігання та укладають у скирти.

Головним недоліком такої технології є значна тривалість процесу заготівлі, що підвищує ризик негативного впливу погодних умов. У разі випадання опадів пров’ялена маса та сформовані копиці легко намокають, причому волога може проникати на значну глибину, що призводить до погіршення якості корму та збільшення втрат поживних речовин.

Технологія заготівлі сіна з копнуванням (рис.1.4) характеризується значними затратами праці та механічними втратами корму через велику кількість технологічних операцій.

Більш ефективною є технологія зі стогоутворенням, за якої траву досушують у валках до вологості 20–22 %, після чого сіно підбирають і транспортують безпосередньо до місця зберігання. Відмова від проміжного копнування дає змогу майже вдвічі скоротити трудові витрати та знизити експлуатаційні витрати[3;4].

Однак, як і попередня технологія, вона передбачає повне висушування трави в польових умовах, що призводить до значних втрат поживних речовин під впливом погодних факторів та механічного осипання листків. У деяких випадках такі втрати можуть досягати 35–50 % від їх початкового вмісту в рослинах[5].

Технології заготівлі пресованого сіна

Для заготівлі пресованого сіна застосовують технології, що передбачають його пресування у тюки або рулони. Незалежно від способу пресування, процес включає скошування трави, її пров'ялювання та сушіння. За вологості 45–55 % траву згрібають у валки, де вона досушується до необхідних показників[3].

Найпоширенішими є технології, за яких траву висушують до вологості 20–22 % або 25–30 %. У першому випадку сіно підбирають із валків і пресують у тюки чи рулони для подальшого зберігання. У другому — формують тюки невеликої щільності та залишають їх у полі на кілька діб для остаточного досушування[3,4,5].

При використанні активного вентилювання траву підбирають за вологості 30–35 % і пресують у тюки середньої щільності. Досушування здійснюють у сіносховищах або на спеціальних майданчиках. Ефективність цього процесу значною мірою залежить від правильного укладання тюків, оскільки порушення технології може призвести до поганої циркуляції повітря, самозігрівання сіна та появи плісняви[3].

Технологія заготівлі сіна підвищеної вологості із застосуванням консервантів загалом відповідає традиційній технології виробництва пресованого сіна, проте додатково передбачає підготовку робочого розчину, заправку обладнання та внесення консервуючих речовин у кормову масу. Недоліком такого способу є зниження ефективності консервантів при вологості трави понад 30 %, що може негативно впливати на якість зберігання корму[3,5].

При заготівлі подрібненого сіна траву з вологістю 20–25 % підбирають і подрібнюють на частинки довжиною 10–12 см. Після цього масу закладають у бетоновані сховища, де її ущільнюють і герметизують за допомогою поліетиленової плівки та шару ґрунту[2,4].

Траншейний спосіб заготівлі подрібненого сіна найбільш ефективний для злакових трав. Під час заготівлі бобових і бобово-злакових трав значно зростають втрати листя при підбиранні, подрібненні та завантаженні кормової

маси в транспортні засоби[1]. Тому більш доцільним вважається закладання подрібненої трави за вологості 40–45 %.

Подальше досушування кормової маси здійснюють на відкритих майданчиках або в спеціальних сіносховищах сарайного чи баштового типу.

Особливості польового сушіння трав

Незалежно від технології заготівлі сіна, важливим етапом є сушіння скошеної трави в польових умовах. У цей період рослини не лише втрачають вологу, а й частину поживних речовин[4,6].

Після скошування деякий час тривають процеси дихання, а з подальшим висиханням починається розпад органічних речовин і відмирання клітин. Чим довше триває сушіння, тим більшими є втрати поживної цінності корму [6].

Негативно впливають на якість сіна також дощі та роса, які спричиняють вимивання поживних речовин і розвиток мікроорганізмів. Тому для збереження якості корму важливо максимально скоротити тривалість польового сушіння[3].

Аналіз способів інтенсифікації польового сушіння трав

Для скорочення тривалості польового сушіння та зменшення втрат поживних речовин застосовують різні способи інтенсифікації цього процесу: хімічні, термічні, електричні, механічні та комбіновані. Їх дія спрямована на прискорення виходу вологи з рослин і більш ефективне використання тепла та вологоємності повітря.

Однак більшість способів потребує значних енергетичних витрат, може негативно впливати на якість корму або продуктивність травостою. Тому найбільш поширеними є механічні методи, які забезпечують краще провітрювання трави. Оскільки зі збільшенням вологості повітря його здатність поглинати вологу зменшується, прискорення сушіння досягається завдяки вільному проходженню повітря через скошену масу.

1.2. Агротехнічні вимоги до заготівлі сіна.

Отримання якісного сіна значною мірою залежить від своєчасності збирання трав. Тривалість сінокосіння повинна бути мінімальною, а в умовах

Степу України її рекомендується проводити протягом 10–15 днів.

Першою технологічною операцією є косіння трави, яке може виконуватися окремо або одночасно з плющенням. Відповідно до цього застосовують косарки, що залишають скошену масу в прокосах, та косарки-плющилки, які одночасно зрізають рослини, плющать їх і формують валок.

Перший укіс бобових трав рекомендується проводити у фазі бутонізації, лучних трав — на початку цвітіння, а злакових — під час появи колосків. Дотримання оптимальних строків скошування забезпечує високу поживну цінність сіна.

Важливе значення має висота зрізу рослин. Для природних сінокосів і багаторічних трав степової зони вона становить 5–6 см при першому укосі та 6–7 см при другому. При вирощуванні багаторічних трав на насіння висоту зрізу збільшують до 8–9 см. Для лугових сіяних трав першого року використання вона повинна бути не менше 10–12 см, а для однорічних трав і травосумішей — 4–6 см [1].

Під час сушіння та згрібання сіна необхідно мінімізувати втрати кормової маси. Сінозбиральна техніка не повинна надмірно ворушити або перетрушувати сіно, оскільки пересушена маса втрачає листя, а надто волога може погіршуватися через розвиток мікроорганізмів.

Машини мають формувати рівні прокоси та валки, забезпечувати якісне перевертання маси для рівномірного висихання і повне підбирання сіна кондиційної вологості. Висота зрізу повинна відповідати встановленим нормам, а її відхилення не має перевищувати 2,5 см. При цьому необхідно забезпечити чистий зріз без висмикування рослин із ґрунту та потрапляння коренів у кормову масу. Загальні втрати під час косіння не повинні перевищувати 2 %.

Заготівля сіна у пресованому вигляді дає змогу зменшити втрати корму, покращити його якість і поживність, а також скоротити витрати на транспортування та зберігання.

Для надійного зберігання щільність тюків повинна бути рівномірною і

залежно від умов заготівлі становити 100–200 кг/м³. При досушуванні активним вентилюванням сіно пресують за вологості 30–35 % із щільністю 100–130 кг/м³. Якщо додаткове досушування не потрібне, пресування проводять при вологості 20–22 %, збільшуючи щільність до 180 кг/м³.

Рекомендовані розміри тюків: довжина 0,7–1,0 м, ширина до 0,5 м, висота до 0,36 м. Втрати сіна під час підбирання з валків не повинні перевищувати 2 %.

1.3 Фізико-механічні властивості трав

Оптимальні строки косіння забезпечують отримання сіна з високим вмістом протеїну та каротину. Злакові трави рекомендується скошувати у фазі колосіння, бобові — у період бутонізації, а природні травостої — на початку цвітіння. Завершити збирання бажано до закінчення фази повного цвітіння.

Надто низький зріз послаблює відновлення травостою, тоді як завищений призводить до втрат урожаю. Для природних сінокосів висота зрізу становить 5–6 см, а для сіяних трав — 8–10 см.

Висота трав зазвичай перебуває в межах 40–80 см, урожайність залежно від природно-кліматичних умов становить 0,5–3 т/га, а густота травостою може досягати 1000–10000 стебел на 1 м². Коротку характеристику травостою наведено в таблиці 3.

При скошуванні трави на сіно чи зелений корм, одним з найважливіщих факторів, які впливають на процес, є жорсткість стебла рослини.

Жорсткість стебла рослини, протидіюча згину їх робочими органами машин, являється найважливішим фактором, визначаючим якість роботи машин. При скошуванні зріз відбувається тоді, коли опір стебла згину стане значним. Поперечний згин рослин пизводить до нерівності зрізу якість збирання сіна. В умовах незначної жорсткості втрати врожаю значно зростають за рахунок незрізаних рослин і недорізу, створеного за рахунок підвищеної висоти зрізу внаслідок згину. Жорсткість стебел деяких рослин представлена в таблиці 1.3.

Консольне різання можливе при наявності великої жорсткості рослин чи великій скорості різання. Рослини маючі велику жорсткість дають різання кращої якості при більшому зазорі, між рослинами з зниженою жорсткістю. саме тому оцінка які рослин, які складають флору лука в відношенні суперечності деформаціям згину має значення для правильного та раціонального вибору конструкції різального апарата, який застосовуватиметься в певній рослинній зоні.

Жорсткість виражена сполученням модуля порожності згину E на момент інерції площини поперечного перерізу I, він представляє собою показник механічних властивостей вивчаючого об'єкту, виражаючий його опір згину. Підрахування момента інерції площини поперечного перерізу I по середньому перерізу рослин, які складають флору лука дуже ускладнено.

Середнє значення жорсткість стебел становить: EI=49.646 Н*см^2, бувають випадки й інші. Проводячи дослідження вченими вявили, що найбільшу жорсткість у різнотрав'я, яка становила майже 0,65 МПа, злакові показали в у жорсткість-0,15 МПа, найбільшу жорсткість було досліджено у бобових 0,0506 МПа. Із збільшенням діаметра стебла жорсткість підвищується. Ця залежність у різних видів рослин виражається різними кривими по функції.

За даними досліджень, робота, необхідна для зрізування рослин з площі 1 м², становить 98–196 Дж/м² для зернових культур і 196–294 Дж/м² для трав. Енерговитрати на зрізування одного стебла в середньому складають близько 2,26 Дж.

Таблиця1.3

Жорсткість стебел рослин заливного лугу

Ботанічні групи	Вологість, %	Середній діаметр в кореневій шийці, мм	Жорсткість в кг/см^2		
			Мінімальн	Середня	Максимальна
Злакові	44-63,5	1,5-3,1	0,48	15,4	122,5
Бобові	57-60	1,6-2,4	0,27	5,0	23,0
Різнотрав'я	49-83	1,8-7,1	0,59	65,3	556,8

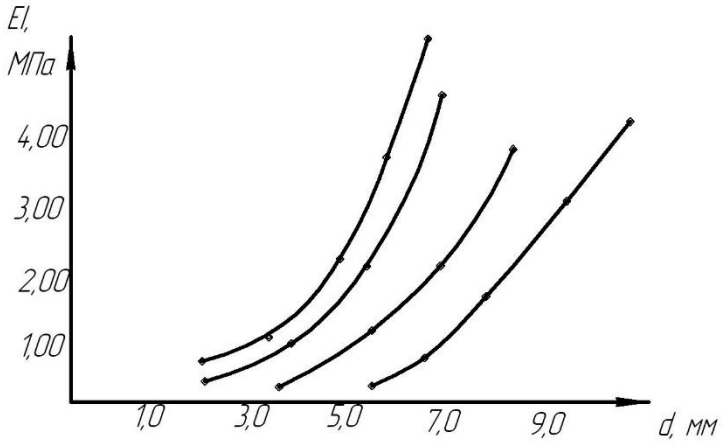


Рис.1.5 Залежність діаметра рослини від жорсткості стебла

1-вероніка; 2-конореєчник; 3-гераль; 4-борщевик.

За період від почаку цвітіння до повного дозрівання жорсткість збільшується у конореєчника з 26,2 до 47,4*10^{-2} МПа, герані лугової-з27,3*10^{-2} до 43,5*10^{-2} МПа, у люцерни жовтої зменшується з 10,5*10^{-2} до 6,8*10^{-2} Мпа, у вероніки дволистої-з 176,1*10^{-2} до 144,6*10^{-2} МПа. Зміна жорсткості під час

існування відбувається за рахунок певних біологічних явищ - старіння, супроводжується падіння тургора, створенням сплеренхитних тканин і відмиранням деяких клітин, а в других випадках-створенням ослизнення.

При косінні на степових зонах помітне швидке затуплення ножів і більш низька якість роботи (втрати, недоріз) ніж на зволожених територіях.

Залежність $P_c=f(V_p)$ виражається формулою:

$$P_c=a+(b/V_p^c)$$

де a, b і c-коефіцієнти характеризуючі фізико-механічні властивості матеріалу і геометрію леза. В таблиці 1.2 приведені значення коефіцієнтів.

Таблиця 1.4

Значення коефіцієнтів

Культура	a	b	c
Клевер	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

Залежність питомої сили різання P_c від швидкості V_p висвітлена на графіку 1.6

Зношення ножів на степових сінокосах відбувається зарахунок особливих багаторічних властивостей рослин. Ці рослини (псерофіти) пристосовані для існування в умовах різного недостатку вологи, тому їх стебла дерев'янисті, листя сухе. На перерізання стеблостою витрачається певна сила, значення якої на перерізання одного стержня не залежить від щільності стеблостою.

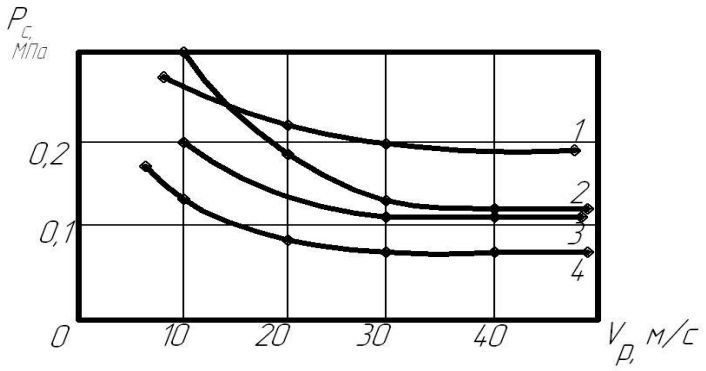


Рис. 1.6 Залежність питомої сили різання P_c в функції від швидкості V_p.

1- костер, 2- тимофіївка, 3- люцерна, 4- клевер.

В таблиці 5 приведена характеристика травостою.

Таблиця 1.5

Характеристика травостою

Культура	Діаметр стебел в площині зрізу мм	Висота стебел см	Густина травостоя Шт. на 1м2	Вологість %
1	2	3	4	5
Конюшина (фаза цвітіння)	4-5	30-40	2500	82,2
Вогнище безосте (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

При затупленні ріжучого леза до 100–120 мкм питома сила різання зростає в середньому на 12–18 %, що призводить до збільшення енергетичних витрат та погіршення якості процесу зрізування.

Висновок:

1. В результаті проведеного аналізу технології заготівлі сіна встановлено, що найбільш перспективною є заготівля сіна в пресованому виді. При цьому є найбільш відповідальною операцією при реалізації технології скошування.

2. Дотримання існуючих агротехнічих вимог, при скошуванні маси, є ключовим завданням при реалізації заготівлі сіна.

3. В результаті аналізу властивостей трав встановлено, що на процес скошування найбільший вплив мають жорсткість стебла рослини, вологість та геометричні розміри стебла рослин.

2.ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОСАРОК І РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ

2.1 Огляд існуючих та перспективних конструкцій косарок.

Функціональна ефективність роботи косарок оцінюється передусім за двома ключовими параметрами — якістю зрізання та його висотою(таб.2.1) Саме на оптимізацію цих критеріїв орієнтовані базові технологічні налаштування збиральних машин. Згідно з агротехнічними вимогами, раціональний рівень зрізування рослинної маси становить від 5 до 6 см.

Промисловість виробляє косарки самохідні, навісні, напівнавісні і причіпні в агрегаті з трактором. Залежно від кількості ріжучих апаратів тракторні і самохідні косарки можуть бути одно- і багатобрусні. Найбільш поширені навісні косарки, по розташуванню ріжучого апарату щодо трактора їх підрозділяють на фронтальні, средне- і задненачіпні [1].

Для кращого копіювання ріжучим апаратом поверхні поля і забезпечення за рахунок цього низького зрізу рослин більшість вітчизняних тракторних косарок має ширину захвату одного ріжучого апарату 2,1 м.

Однобрусна навісна швидкісна косарка КС-2,1 (рис. 2.1) призначена для скошування природних і сіяних трав. Для прибирання культур бобів її дообладнуватимуть пристосуванням ПБ-2,1 і пристроєм ПБА-4 (валкоутворююча решітка). Косарка обладнується сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання.

Таблиця 2.1.

Технічна характеристика вітчизняних косарок

Найменування та марка	Ширина захвату, м	Мін. висота зрізу,мм	Робоча швидкість, км/год	Продук-тивність, га/год	Енерго-засіб, кН
Косарка начіпна однобрусна швидкісна КС-Ф-2.1Б	2,1	60	12	2,5	14
Косарка начіпна однобрусна КСП-2,1А	2,1	60	7	1,4	6
Косарка фронтальна начіпна КФН-2,1	2,1	60	7	1,4	6

Косарка для каналів и дамб ККД-1,5	1,5	80	6	0,4	14
Косарка начіпна однобрусна ротаційна КРН-2,1	2,1	30	15	3,1	14
Косарка двохбрусна напівначіпна КДП-4,0	4,0	60	9	3,4	14
Косарка причіпна з порційним зкиданням КПП-3	3,0	100	8	2,4	14
Косарка начіпна багатобрусна комбінована КМБ-6	6,0	60	9	5,4	14
Косарка трибрусна причіпна КТП-6	6,0	60	9	5,4	14
Косарка самохідна пятибрусна СКП-10	10,0	60	10	9,7	9

Косарка двобрусна напівначіпна КДП-4,0 (рис.2.2) призначена для косіння природних і сіяних трав з порівняно великих ділянок на швидкостях до 9 км/год. Агрегатується з тракторами тягового класу 0,9-1,4, обладнаними окремо-агрегатною гідросистемою.

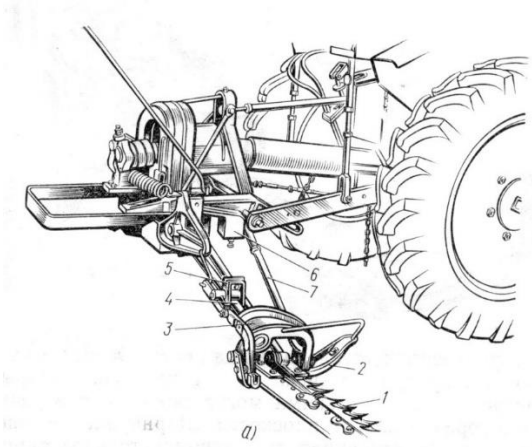


Рис.2.1. Косарка КС-2,1

1 – різальний апарат; 2- башмак внутрішній; 3 – шарнір; 4 – штанга тягова; 5 – кронштейн; 6 – рама косарки; 7 – шпренгель.

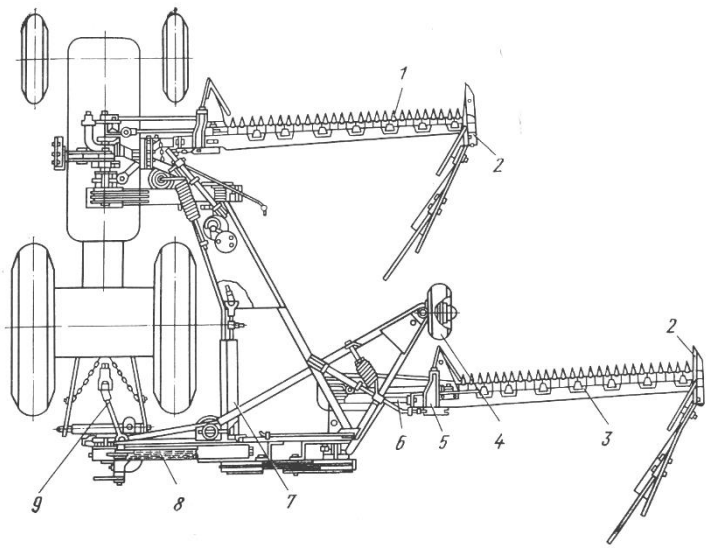


Рис.2.2. Схема косарки КДП-4,0:

1- передній різальний апарат; 2 - зовнішній башмак; 3 – задній

2- різальний апарат; 4 - польове колесо; 5 - внутрішній башмак;

6 – тягові штанги; 7 - рама; 8 - проміжна передача; 9 - карданна передача.

Підйом різальних апаратів гідрофіковано. Механізм складається із сполученої між собою тяги і важелів, що приводяться в рух виносними гідроциліндрами. Кожен циліндр сполучений з гідросистемою трактора.

Ротаційна однобрусна косарка КРН-2,1 розроблена для скошування густих і полеглих травостоїв (від 150 ц/га) на швидкості 9–15 км/год з укладанням маси у прокіс. Робоча ширина захвату складає 2,1 м, вага машини — 570 кг, а годинна продуктивність сягає 3,15 га.

Зрізання здійснюється безпідпірним методом за допомогою чотирьох роторів (частота обертання 2040 хв$^{-1}$) із шарнірними ножами, які після відсікання виносять траву з робочої зони. Для роботи косарки використовуються трактори Т-40/40А, ЮМЗ-6 та сімейство МТЗ (моделі 50, 52, 80, 82).

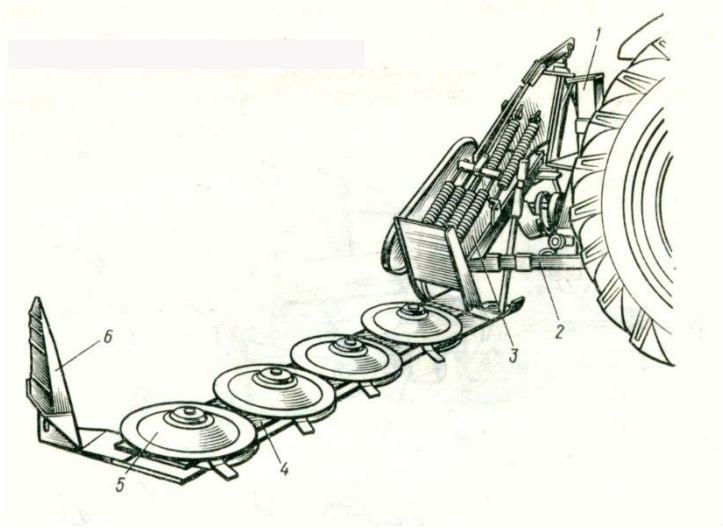


Рис 2.3. Косарка ротаційна КРН-2,1:
1 – рама; 2 – тяговий запобіжник; 3 – рама допоміжна; 4 – брус різальний;
5 – ротор; 6 – польовий подільник.

Косарка ротаційна пасова начіпна КРР-1,9 призначена для скошування рослин. Схему косарки показано на рис.2.4.

Рама являє собою зварну трубчасту конструкцію з пальцями 4 для кріплення її до нижньої тяги навчіпного пристрою трактора. У централовій частині рами розташований несучий кронштейн 1 з отвором для з'єднання з центральною тягою начіпної системи трактора. На правій стороні є бобишка 8 для приєднання тягового запобіжника.

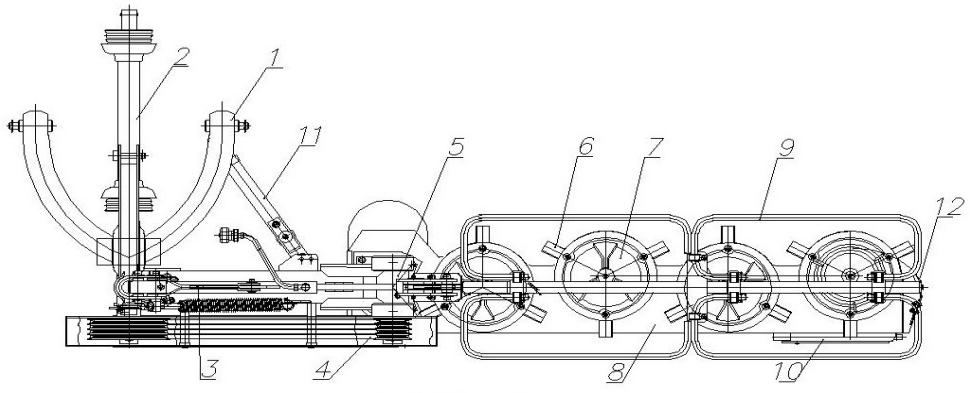


Рис.2.4. Схема косарки КРР-1,9:
1 - рама навішування; 2 - карданна передача; 3 - гідроциліндр; 4 - приводні паси; 5 - редуктор; 6 - ніж; 7 - ротор; 8 - різальний брус; 9 - огорожа; 10 - натягач; 11- тяговий запобіжник; 12 - відбійник.

Для одночасного скошування культурних трав, плющення їхніх стебел та формування готового валка застосовують ротаційну косарку-плющилку КПРН-3М.

Косарка складається з рами, карданної передачі, різального і плющильного апаратів, валкоутворюючого пристрою, механізма приводу.

Різальний апарат ротаційний, дисковий, аналогічний різальному апарату косарки КРН-2,1М. До рами косарки приєднаний брус на верхній частині якого встановлено шість роторів з шарнірно закріпленими ножами.

Залежно від стану поля при роботі на швидкостях до 12 км/год на кожен ротор встановлюють по одному ножу, а з протилежного боку зміцнюють баланс. При підвищеній швидкості на кожному роторі встановлюють два ножі.

Технологічний процес скошування з одночасним плющенням (рис.2.5) здійснюється при поступальному русі агрегату в загінці наступним чином. Рослинна маса що заломлюється брусом 1 нахиляється і підводиться до роторів 2 з ножами 3 різального апарату. За рахунок високої зустрічної швидкості обертання рослини зрізаются і подаються в зону плющильного апарату 4. Вальці росплющують рослини, після чого вони потрапляють у валкоутворюючого пристрою 5.

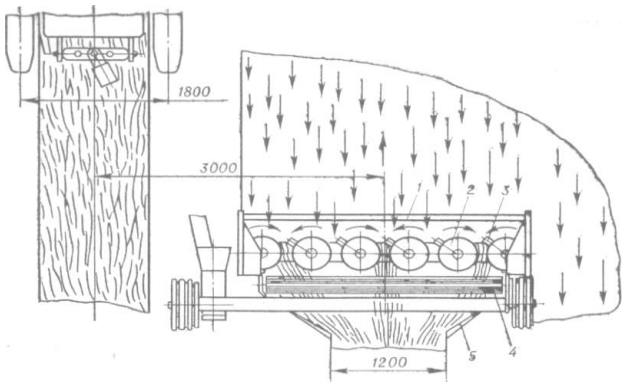


Рис.2.5. Технологічний процес роботи ротаційної косарки КПРН-3:
1 - заломлюючий брус; 2 - ротор різального апарату; 3 - ніж;
4 - плющильні вальці; 5 - валкоутворюючий пристрій.

Самохідна косарка-плющилка КПС-5Г здійснює скошування, плющення та валкування трав, а в разі демонтажу плющильних вальців працює як звичайна валкова косарка. Конструкція машини включає самохідне шасі з двигуном Д-240 потужністю 58,88 кВт (80 к. с.) та електростартером, жатку для трав і транспортний візок.

На жатці змонтовані заламувальний брус 7, різальний апарат 8 (крок сегментів і пальців — 76,2 мм, 797 ходів ножа/хв), кулачкове мотовило 6 діаметром 1130 мм (65 об/хв) та шнек 5 діаметром 600 мм (194 об/хв). Плющильний апарат обладнаний двома ребристими вальцями (діаметр 218 мм, довжина 1840 мм), які обертаються назустріч один одному із частотою 613 об/хв під тиском 10–50 Н/см. Сформована маса спрямовується у валкоутворювач, виконаний у вигляді листового лотка з двома вертикальними боковинами.

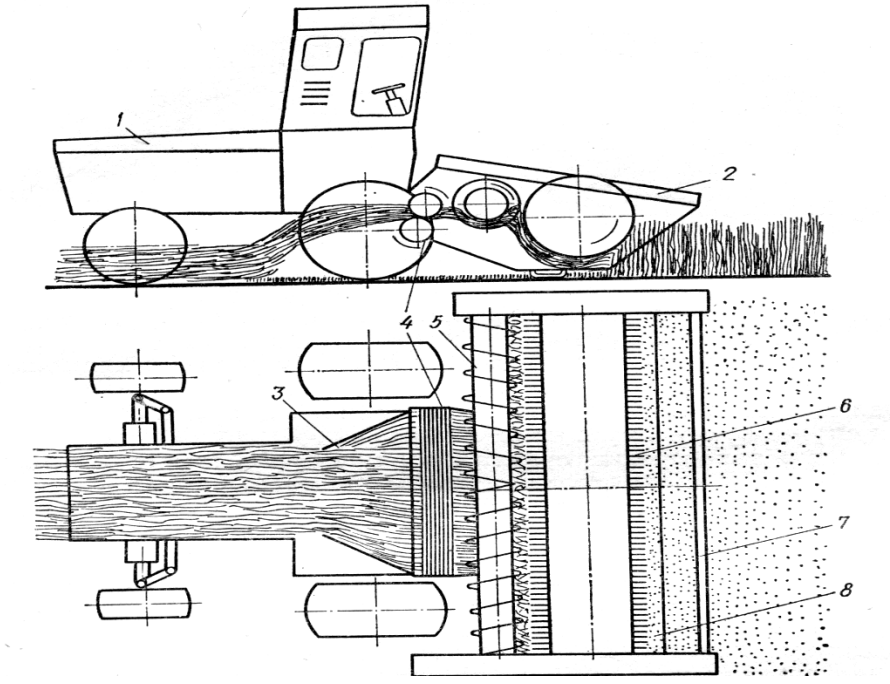


Рис. 2.6. Самохідна косарка-плющилка КПС-5Г:

1 – самохідна частина; 2 – жатка; 3 – пристрій валкоутворюючий; 4 – плющильний апарат; 5 – шнек; 6 – мотовило; 7 – заламувальний брус; 8 – різальний апарат.

2.2 Аналіз ротаційних робочих органів та патентних пропозицій по їх вдосконаленню

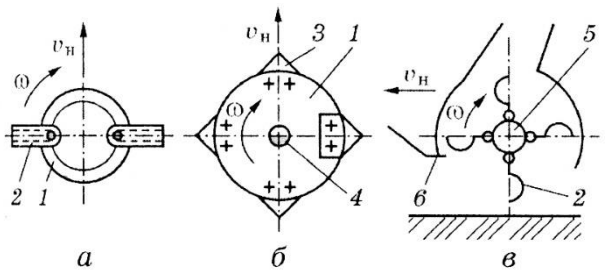
2.2.1. Аналіз робочих органів ротаційних різальних апаратів.

Ротаційні апарати безпідпірного зрізання з вертикальною віссю відомі з 1799 року, коли англієць Бойс створив косарку-жатку з горизонтальним диском і шістьма серпоподібними ножами, що рухалися через конічні передачі від ходового колеса. Надалі технологію розвивали Глаустон (1805 р.), Левшин і Сміт (1811 р.) та брати Хитрови (1815 р.). На вітчизняному просторі серійний випуск таких косарок розпочався у 1974 році [14].

Головна відмінність ротаційних різальних апаратів від сегментно-пальцевих (зі зворотно-поступальним рухом) полягає в безпідпірному зрізанні, яке виконується без протирізальних елементів. Це зумовлює високу швидкість ножів — 60–80 м/с, порівняно з лише ~3 м/с у традиційних апаратів. Крім того, ротаційні системи дозволяють ефективно скошувати навіть високоврожайні чи полеглі травостої на підвищених швидкостях руху агрегату (до 15 км/год).

Різальні апарати безпідпірного зрізу поділяються на роторні (з горизонтальною віссю обертання, рис. 2.10, в) і ротаційні (вертикально-роторного типу рис. 2.10., а та б) [14].

Рис.2.7.Різальні апарати безпід-пірного зрізу: а – ротаційно-дисковий; б – сегментно-дисковий; в – ротаційно-барабанний: 1 – диск; 2 – ніж; 3 – сегмент; 4 – вал диска; 5 – вал барабана 6 – протирізальний ніж



Конструктивно різальні органи таких апаратів виконуються у вигляді ножів, шарнірно закріплених на диску чи валу барабана, або ж сегментів, жорстко зафіксованих на диску (рис. 2.10, б). Процес скошування базується на

інерційному принципі: опора для стебла відсутня, а його згинання стримується лише природною жорсткістю, інерцією маси та опором сусідніх рослин.

Завдяки відсутності зворотно-поступального руху та високій лінійній швидкості колового обертання ножів (до 50–60 м/с) стає можливим суттєве підвищення робочої швидкості збирального агрегату.

Системи безпідпірного зрізання вирізняються конструктивною простотою та експлуатаційною надійністю. Водночас вони мають вищу металомісткість, підвищене енергоспоживання на одиницю площі та схильні до часткового повторного подрібнення стебел, що збільшує втрати кормової маси.

Різальні апарати ротаційно-дискового типу використовуються в обладнанні для косіння полів і шляхів, а також газонокосарки і машини, які призначені для зрізування врожайних та полеглих трав зі збереженням їх цілісності.

Сегментні дискові різальні механізми призначені для очищення від листя рослин цукрових буряків та грубих, товстих стебел, при цьому стебла зрізаються без подальшого подрібнення.

Ротаційні барабанні різальні апарати застосовуються у техніці для збору низькорослих силосних культур, при цьому виконується одночасне подрібнення рослинної маси. Для покращення процесів зрізання та подрібнення іноді додають протирізальний ніж.

. Щоб різальний апарат краще адаптувався до нерівностей поля, виготовляють косарки, у яких одна ріжуча секція має ширину захвату 2,1 метра. Різальні апарати можуть бути встановлені спереду трактора (фронтальні косарки), збоку або ззаду.

В таблиці 2.2. [14] наведено класифікацію ротаційних різальних апаратів, які відомі на нинішній час.

Одним з основних недоліків цих сучасних машин – збільшені енерговитрати, які зросли порівняно з сегментно-пальцевими косарками типа КС-2,1 в 2-3 рази.

З метою виявлення причин підвищення енерговитрат було проведено дослідження процесу безпідпірного зрізу рослин і встановлено причину нераціонального використовування енергії. Більше 50% її акумулюється зрізаними рослинами з причини пружних деформацій, коливань і кінетичної енергії, яка розсівається в простір.

В результаті взаємодії з ножем рослина привласнює деяку кількість руху за рахунок тертя об диски роторів. Правда, при цьому приріст швидкості руху рослин не перевищує 5…7% від оптимальної у момент зрізу. Тому, швидкість ножів є основний чинник впливу на показники енергетичної оцінки всього процесу безпідпірного зрізу рослин.

Не продуктивні енерговитрати мають місце в самих ротаційних косарках, основними з яких є тертя в шарнірних кріпленнях ножів і потужність холостого ходу. Остання пропорційна третьому ступеню частоти обертання роторів, що характерне для аеро-опору тіл, які обертаються.

Врахувати різні види корисних і непродуктивних витрат енергії важко, але практично всі вони залежать від швидкості руху ножів. Тому доцільно визначати баланс потужності при середній поступальній швидкості (2 м/с) руху агрегату.

Таким чином, необхідно проводити дослідницько-конструкторські роботи у напрямі створення ротаційних косарок з пониженою (до 36 м/с) швидкістю руху ножів і розробляти перспективні моделі з великою швидкістю (до72 м/с), що дасть можливість зменшити енерговитрати на процес косіння трав до 23% .

Таблиця 2.2.

Класифікаційні ознаки ротаційних різальних апаратів з вертикальною віссю обертання.

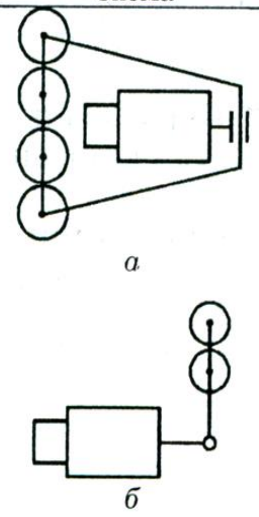
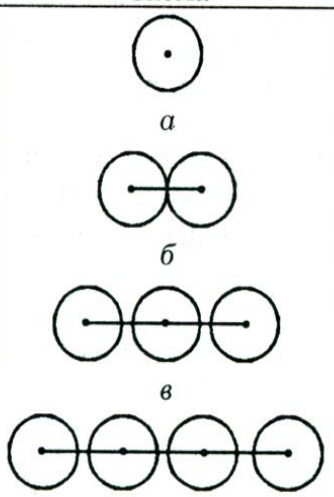
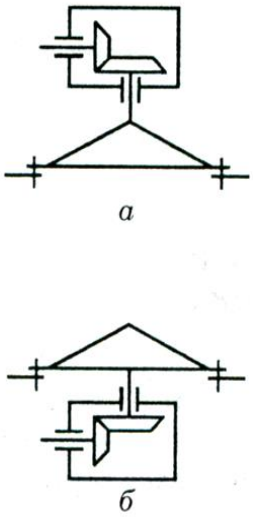
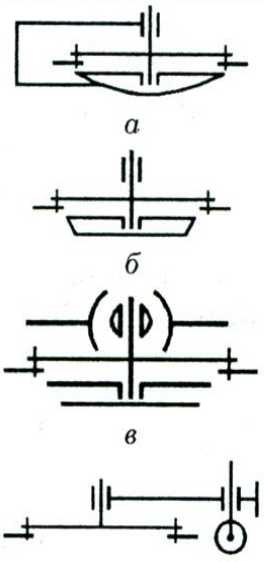
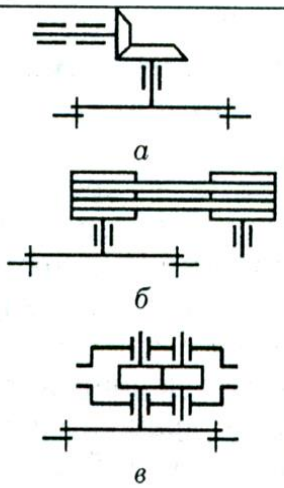
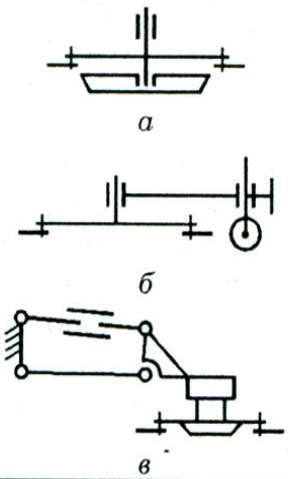
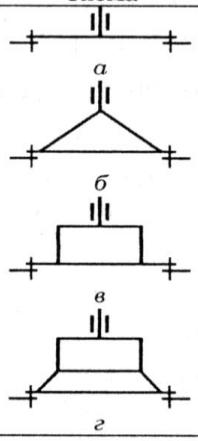
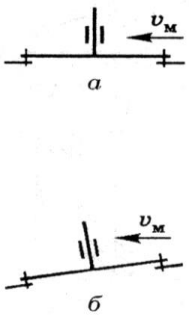
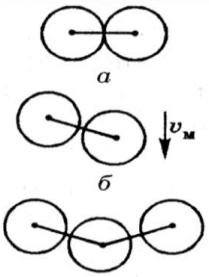
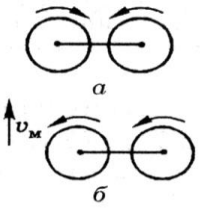
Схема	Ознака	Схема	Ознака
 *а* *б*	За розміщенням апарата: *а* — фронтально; *б* — збоку	 *а* *б* *в* *г*	За кількістю роторів: *а* — одноротірні; *б* — дворотірні; *в* — триротірні; *г* — багаторотірні
 *а* *б*	За розміщенням приводу: *а* — зверху; *б* — знизу	 *а* *б* *в* *г*	За способом копіювання: *а* — нерухомим диском; *б* — повертальною тарілкою; *в* — сферичним шарніром; *г* — колесами
 *а* *б* *в*	За типом приводу: *а* — зубчастою передачею; *б* — клинопасовою; *в* — гідромотором	 *а* *б* *в*	За способом регулювання висоти зрізу: *а* — змінною тарілкою; *б* — колесами; *в* — центральною тягою

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

2.2.2. Патентний аналіз по ротаційним ріжучим апаратам.

Після проведення патентного пошуку для подальшого детального розгляду було відібрано такі патентні документи.

Авторське свідотство № 3247657. Ротаційний різальний апарат.

Цей винахід належить до галузі сільськогосподарського машинобудування і стосується ротаційних різальних апаратів, які використовуються в кормозбиральних машинах. Мета винаходу - підвищення експлуатаційної надійності шляхом зниження швидкості обертання ротора. Ротаційний різальний апарат містить корпус 1 (рис.2.11), приводний вал 2 і диск 6 із закріпленими на ньому різальними елементами 7. Новим в апараті є виконання різальних елементів з еластичного матеріала, які відгинаються механізмом для відгину і розпрямляються при вході в зону різання рослин. Механізм відгину різальних елементів виконаний з направляючою по кривій лінії, наприклад архимедовой спіралі. Механізм відгину різальних елементів представляє собою систему роликів 8, або жолоб.

Ротаційний різальний апарат містить корпус 1, на якому з можливістю обертання встановлений приводний вал 2 на підшипниках 3 і 4. На верхній

кінець валу 2 жорстко насаджено приводне колесо 5, а на нижньому кінці валу 2 жорстко закріплений диск 6 з різальними елементами 7.

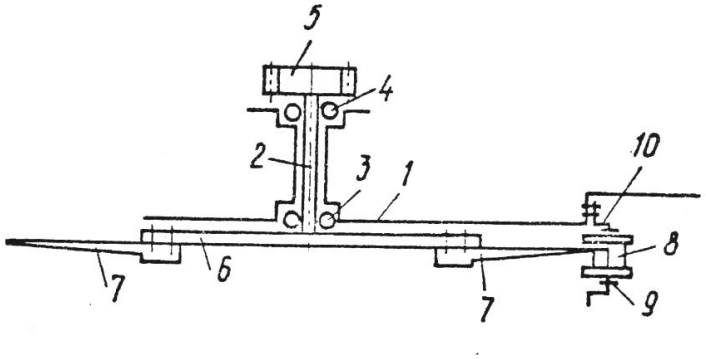


Рис.2.8. Схема ротаційного різального апарату:
1 - корпус; 2 - приводний вал; 3,4 - підшипник; 5 - приводне колесо;
6 - диск; 7 - різальні елементи; 8 - направляючі ролики; 9 - вісь;
10 - кронштейн.

Авторське свідотство № 282169. Ротаційний різальний апрат.

Метою даного винаходу являється підвищення продуктивності і зменшення відходів збираємого матеріалу.

Ротаційний різальний апарат містить несучий 1 диск (рис.2.12), закріплений на верхньому кінці валу 2, такий, що обертається в підшипниках 3, встановлених в корпусі 4. Корпус 4 закріплений на брусі 5, в якому знаходиться приводна шестерня 6, насаджена на нижній кінець валу 2.

На диску 1 встановлені пальці 7, на яких вільно висить кільце 8 з наклепаними ножами 9. Різальні кромки ножів виконані по кривій логарифмічній спіралі, нижче за ножі знаходяться пальці 10 з протирізальними пластинами 11. Ножі 9 притискаються до пальців під особистою вагою диска 1. Для усунення зазора між ножем 9 і протирізальною пластиною 11 на пальці 7 встановлена регулювальна шайба 12. Різальні кромки протирізальних пластин 11 встановлені під кутом до радіусу кола обертання ножів 9.

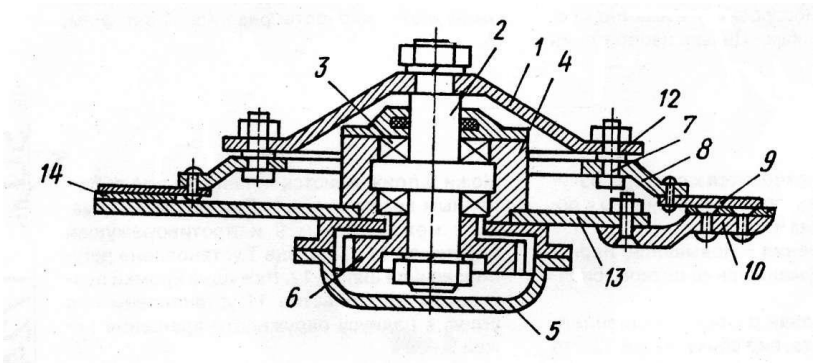


Рис.2.9. Схема ротаційного різального апарата:

1 - несучий диск; 2 - вал; 3 - підшипник; 4 - корпус; 5 - брус; 6 - приводна шестерня; 7 - пальці; 8 - кільце; 9 - ножі; 10 - пальці; 11 - протирізальна пластина; 12 - регулювальна шайба; 13 - плита; 14 - сектор.

Пальці 10 кріпляться до плити 13, яка жорстко пов'язана з корпусом 4 і брусом 5. На плиті 13 розміщений сектор 14, по якому ковзають ножі на неробочій ділянці. Для напрямленя стебел до крайніх пальців використовуються дільники 15.

Авторське свідотство № 1376719. Косарка.

Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування, в зокрема до косарок для косіння кормових або зернових культур з вкладанням їх у валок.

Мета винаходу – підвищення якості копіювання рельєфу поля.

Косарка складається з розміщених на навісці 1 (рис.2.13) енергетичного засобу рами 2 косарки, механізму 3 зрівноваження, ротаційних барабанів 4 і 5, консольного підрамника 6, тягового запобіжника 7, механізмів приводу (клинопасової передачі 8 і карданної передачі 9), паралелограмной начіпки ротора (верхньої тяги 10 і двох нижніх тяги 11).

У фронтальному варіанті встановлюють раму 12 навішувань фронтальна і вал 13 фронтального приводу, а раму 2 косарки з механізмом 3 врівноваження прибирають.

Цапфи ротаційних барабанів 4 і 5 шарнірно закріплені у вилці рами 2. Обертання від ВВП на ножі ротаційного барабана передається через клинопасову передачу 8 і редуктор 14. Цапфа барабана з боку, поверненої до

начіпки трактора, має квадратну в перерізі консоль, на якій нерухомо відносно цапф прикріпляється консольний підрамник 6.

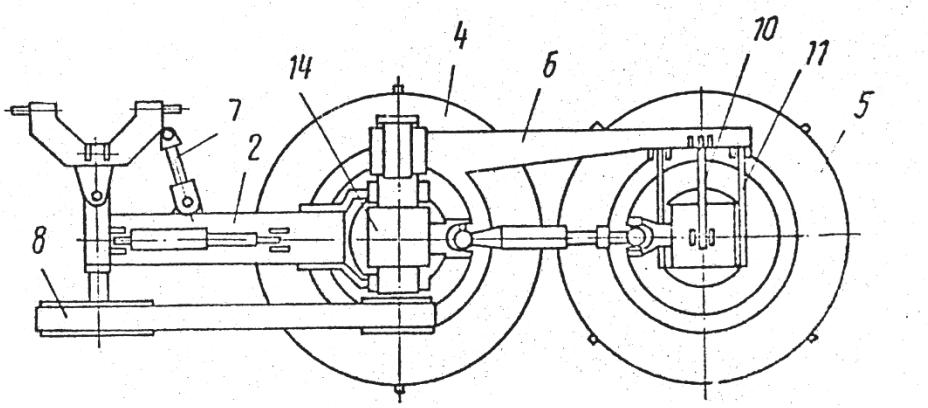


Рис. 2.10. Схема косарки:
1 - начіпка енергетичного засобу; 2 - рама; 3 -механізм врівноваження;
4,5 - барабан; 6 - підрамник; 7 - тяговий запобіжник; 8 - пасова передача;
9 - карданна передача; 10 - ланка; 11 - паралелограмний механізм;
12 - фронтальна рама начіпки; 13 - вал фронтального привода;
14 - редуктор; 15 - вісь; 16 - ланка.

Авторське свідотство № 2736739. Ротаційний різальний апарат.

Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування, а саме до ротаційних різальних апаратів збиральних машин і косарок.

Мета винаходу - забезпечення оптимального процесу різання і зниження енергоємності.

Ротаційний різальний апарат містить раму 1 (рис. 2.11) з жорстко закріпленою на ній вертикальною стійкою 2, на нижньому кінці якої встановлений копіювальний сферичний диск 3. На стійці 2 за допомогою підшипників насаджений трубчастий вал 4, на нижньому кінці якого жорстко закріплений ротор 5. На роторі 5 в радіальному напрямі симетрично відносно осі валу закреплені гнучкі в горизонтальній, але жорсткі у вертикальній площині пустотілі стержні 6 змінного перерізу, біля основи яких виконані крізні гвинтові пази. Всередині стержня 6 встановлений також шток 7 еліптичного перерізу, велика вісь якого орієнтована вертикально. Шток 7 в основі і на кінйі має круглий переріз. Біля основи штока 7 на бічній поверхні закріплений штифт 8, який встановлений в гвинтовому пазу стержня 6.

Сумарна жорсткість вигину стержня б і штока 7 в горизонтальній площині від основи (від ротора 5) до кінця поступово зменшується. Величина жорсткості і закономірність її зміни по довжині встановлюються з умови дотримання ідентичности зміни коефіцієнта ковзання *E*, по довжині різальної кромки запропонованого апарату і ручної коси при найменшому значенні частоти обертання ротора, необхідному для забезпечення чистого безпідпірного різання.

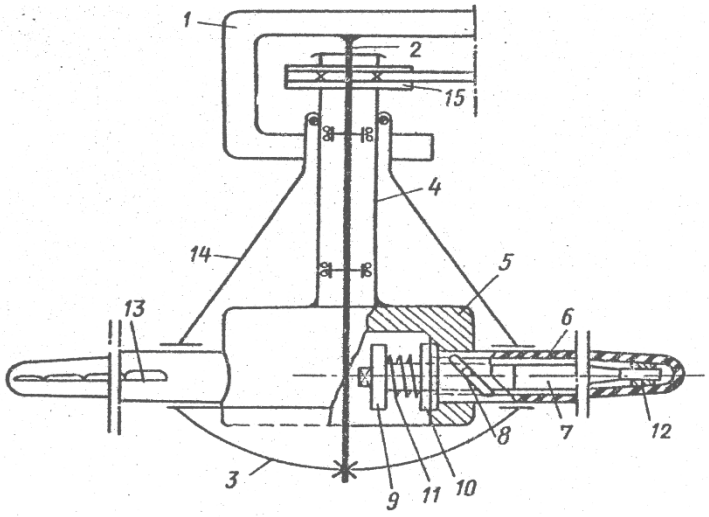


Рис. 2.11. Схема ротаційного різального апарату:
1 - рама; 2 - стійка; 3 - сферичний диск; 4 - вал; 5 - ротор; 6 - стержень;
7 - гнучкий шток; 8 - штифт; 9 - грузик; 10 - шайба; 11 - пружина;
12 - направляюча; 13 - сегменти; 14 - кожух.

Авторське свідотство №1674726. Ротаційна косарка.

Мета винаходу - розширення технологічних можливостей і спрощення конструкції.

Кожна модифікація косарки включає центральну двохмодульну косарку, що складається з автозчепки 1, центральної рами 2, головного конічного редуктора 3, карданної передачі 4 від валу відбору потужності трактора до головного редуктора, бокових карданних передач 5 і 6 від головного редуктора

до ротаційних модулів 7, розташованих ліворуч і праворуч від осі симетрії агрегату.

Ротаційний модуль складається з корпуса 8 ротора, вертикального приводного валу 9, на якому закріплений диск 10 з ножами 11, барабана 12, опори 13.

На корпусі 8 ротора встановлені місця кріплення (цапфи) до механізму навішування. Вісь цапфи 14 співпадає з вертикальною віссю ротора, а нижні цапфи 15 розташовані попарно і симетрично відносно вертикальної осі ротора.

У разі використання двох модулів косарка використовується як начіпна, в у разі використання чотирьох і шести модулей (рис.2.13) - як напівначіпна.

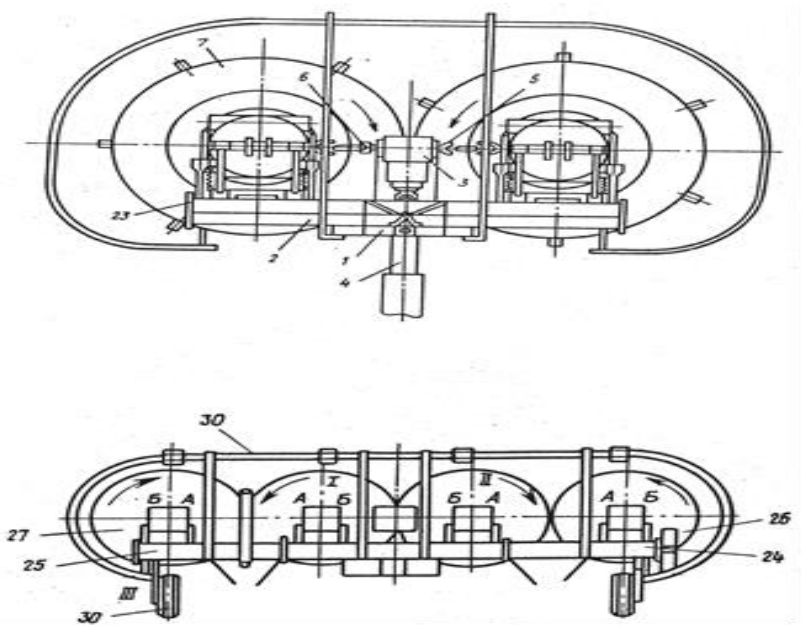


Рис. 2.12. Схема роторної косарки: а – двомодульний варіант; б – чотиримодульний варіант, в – робочий орган: 1 - автозчіпка; 2 - рама; 3 - редуктор; 4 - карданна передача; 5, 6 -бокові карданні передачі; 7 -ротаційний модуль; 8 - корпус; 9 - привідний вал; 10 - диск; 11 - ніж; 12 -барабан; 13 - опори; 14 - вісь; 15 - цапфа; 16 - вал; 17,20 - шестерні; 21,22 -важіль; 23 - торець; 24,25 - консолі; 26,27 - правий та лівий відповідно консолі; 28 - труба; 29 - опори; 30 - колеса.

У разі використання двох модулів косарка використовується як начіпна, в у разі використання чотирьох і шести модулей (рис.2.13) - як напівначіпна.

Чотирьохмодульна косарка збирається шляхом повороту кожного модуля двохроторной косарки на 180° навколо вертикальної вісі і стиковкою консолей 24 і 25 з обох торців 23 рами 2. На консолях 24 і 25 закріплені аналогічні механізми навішування, на яких встановлено по одному ротаційному модулю, правий 26 і лівий 27.Таким чином, використовуючи один ротор, пово-рачивая його на 180°, можна збирати косарку з різним числом роторів.

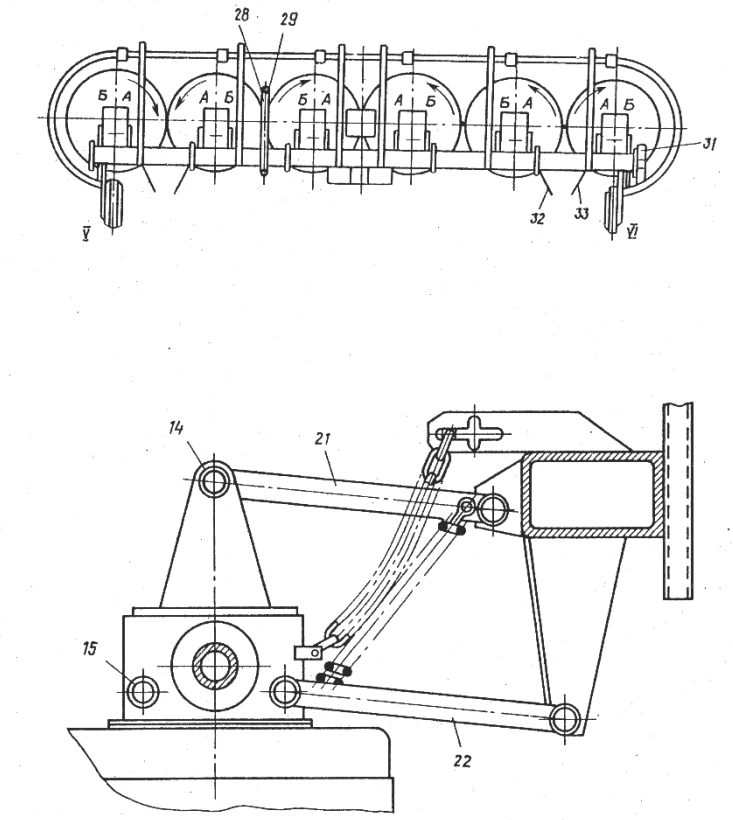


Рис.2.13. Схема шестимодульної косарки та механізм начіпки

На лівій консолі встановлена поперечна труба 28 з опорами 29 для кріплення ходових коліс 30 в транспортному положені. На правій консолі встановлено друге автозчіпка 31, розгорнута до центральної на 90° і

призначена для переміщення косарки в транспортному положенні. На консолях кріпляться щитки 32 і 33, які регулюють ширину валка.

Висновок:

1. В результаті проведеного аналізу існуючих технічних засобів для скошування маси встановлено, що існуючі косарки мають ряд недоліків що проявляється в складних умовах роботи. Зокрема при роботі на високоврожайних травостоях із значним мікрорельєфом ножі косарок не відповідають вимогам роботи по надійності і довговічності.

2. Патентний аналіз ротаційних ріжучих апаратів свідчить, про те що напрямками розвитку таких пристроїв є підвищення надійності та довговічності шляхом вибору відповідного матеріалу ножа, використання додаткових пристроїв на ротаційних косарках, додаткових пристроїв якими обладнуються ріжучі елементи та зміна режиму роботи косарки.

3.ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

3.1. Особливості роботи ротаційного різального апарату

Головним завданням при проектуванні ротаційних косарок є обчислення мінімальної швидкості, необхідної для ефективного перерізання рослинної маси. Враховуючи міцність стебла і масу, що піддається деформації в момент удару ножа, мінімальна швидкість різання одиничного вертикального стебла (Vр) визначається за формулою[1]:

$$V_p = k_c \sqrt{g/(\gamma E)}, \quad (3.1)$$

де: k_c - руйнівна напруга зрізу;

$k_c = (2…3)\cdot 10^4$ кПа [3];

g - прискорення вільного падіння, м/с^2;

E - модуль пружності;

E=1,1·10^7 кПа [3];

$\rho_{ст}$ - щільність матеріалу стебла.

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

За таких умов мінімальна швидкість різання становитиме:

$V_p = 8,5 \div 12 м/с$

При безпідпірному зрізі окрім енергії для розриву стебла, витрачається також енергія на його вигин, тертя і відкидання рослин, тому ротаційні косарки споживають більше енергії, ніж косарки зі зворотно-поступальним ножем.

Зазначені формули мінімальної швидкості справедливі лише для одиничного стебла, а при роботі в полі зі щільною трав’яною масою потрібні поправочні коефіцієнти.

Рух леза в таких умовах описується диференціальним рівнянням [3]:

$$I\ddot{\varphi} + M = 0, \quad (3.2)$$

де: I -момент інерції рухомих частин різального апарату; м^4;

φ - кут повороту леза в робочому режимі; град;

M - момент опору зрізу травостою; м^4.

$$M = P_c \cdot \Delta h \cdot R \qquad (3.3)$$

де: P_c - питома сила різання, Н;

Δh - робоча ділянка леза, мм;

R - відстань по радіусу від осі обертання до ділянки Δh, мм.

Сила, необхідна для перерізання одного стебла, не залежить від густоти рослинного покриву.

Залежність $P_c = f(V_p)$ виражається формулою:

$$P_c = a + (b/V_p^c) \ , \qquad (3.4)$$

де: a, b і c - коефіцієнти, що характеризують фізико-механічні властивості матеріалу і геометрію леза [1]. (таблиця. 5.1)

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнтів

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

Залежність питомої сили різання P_c від швидкості V_p показана на рис.3.1.

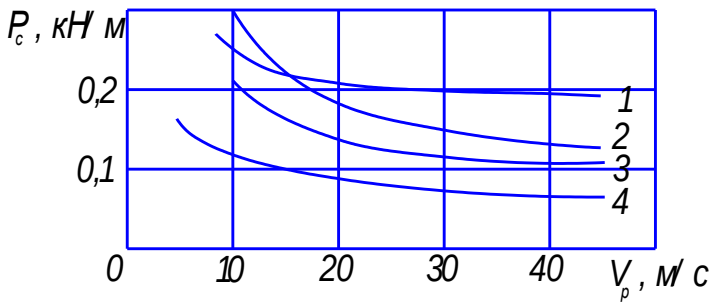


Рис. 3.1 Залежність питомої сили різання P_c у функції від швидкості V_p

1 - костер; 2 - тимофеевка; 3 - люцерна; 4 - конюшина.

Густота травостою 1000 шт на 1м^2.

Коли лезо затуплюється до товщини 100-120 мікрометрів, питома сила різання зростає приблизно на 12-18% [1].

Оцінка якості зрізу.

Для визначення якості зрізу використовують відношення висоти стерні до висоти зрізаної частини.$\varepsilon_{\text{ср}} = \text{Н}_{\text{ст}}/h_{ср}$

(3.5)

де: $H_{ст}$- висота стерні, мм.

$h_{ср}$ - висота зрізу, мм.

Цей коефіцієнт завжди більший за одиницю і показує збільшення висоти зрізу. Зі зростанням швидкості різання він зменшується і при певній швидкості (Vp min) стає рівним одиниці. При цій швидкості зріз відбувається майже без відгину стебла.

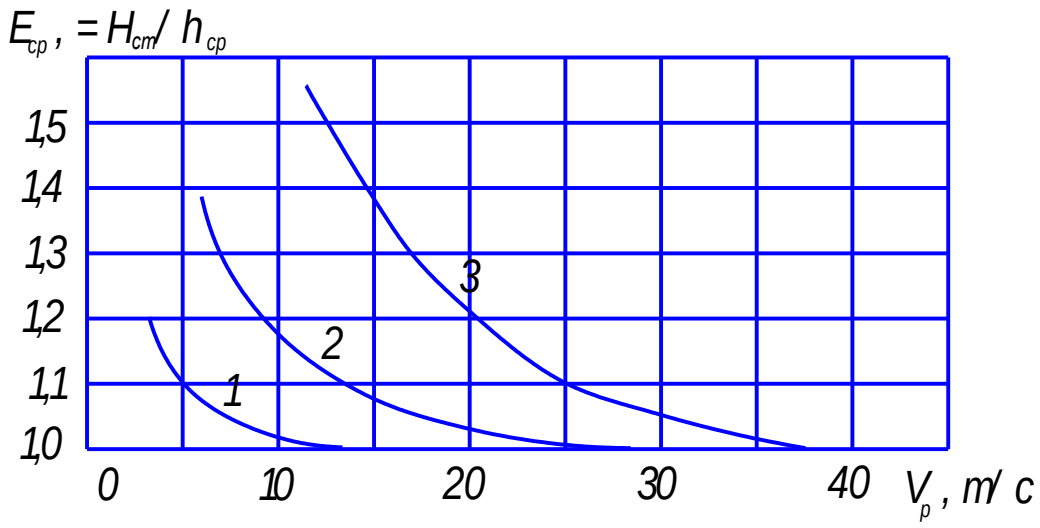


Рис. 3.2. Залежність $\boldsymbol{\varepsilon_{ср}}$ від швидкості різання $V_р$.

1 - конюшина; 2 - костер; 3 - овсяниця лучна;

Зі збільшенням швидкості різання коефіцієнт зменшується і при певній, різній для кожної культури, швидкості (V_{pmin}) досягає одиниці. При цій швидкості зріз стебла відбувається майже без відгину. Для мінімальних втрат швидкість різання має бути не меншою за V_{pmin}, значення якої наведені в таблиці 3.2.

Значення $V_{p\ min}$ для деяких культур. Таблиця 3.2.

Культура	Конюшина	Люцерна	Костер	Тимофіївка
$V_{p\ min}$, м/с	13	15	24	23

Дослідження показали, що опір і робота різання зменшуються зі зростанням швидкості різання. Це пояснюється тим, що зусилля на лезі складається зі сили зминання матеріалу та зусилля затискання через вигин стебла. Останнє залежить від прогину і, відповідно, від швидкості різання, тому загальна сила різання зменшується при її збільшенні.

Час перерізання стебла.

За допомогою коефіцієнта εср можна визначити величину прогину зрізуваних стебел.

$$f \gg h_{cp}\sqrt{\varepsilon_{cp}^2 - 1} \tag{3.7}$$

Висоту зрізу h_{cp} приймемо 5-6 см, це середня висота зрізу для трав.

Коефіцієнт ε_{cp} візьмемо середнім для усіх випадків, $\varepsilon_{ср}$=1,2 [3].

Тоді: $f = 60\sqrt{1{,}2^2 - 1} = 30$мм.

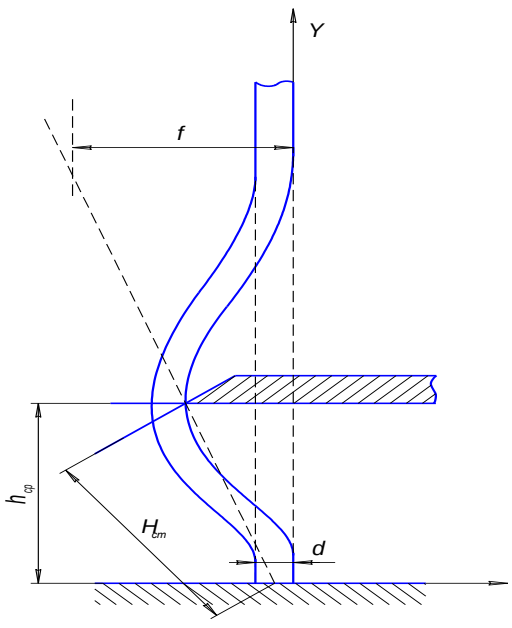


Рис. 3.3. Схема для визначення Δt.

$$\Delta t = (f + d)/V_p \tag{3.6}$$

де: f - прогин стебел, що зрізається, мм;

d - діаметр стебла, d=4 мм [3];

V_p - швидкість різання; V_p=45 м/с [3].

Відгин стебла при висоті зрізу 60 мм склав 30 мм.

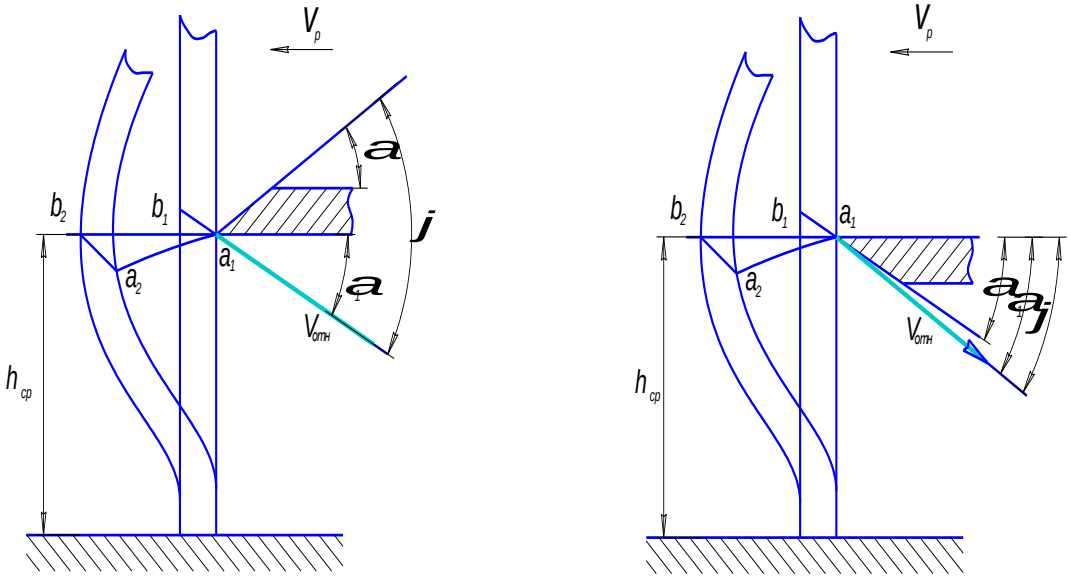
Підставимо значення у формулу (3.6)

Отримаємо час зрізу одного стебла:

$$\Delta t = (30 + 4)/45 = 0{,}008\, c$$

З аналізу випливає, що час зрізу одного стебла становить 0,008 с. Зі збільшенням швидкості різання коефіцієнт наближається до одиниці, відгин стебла зменшується, і час зрізу скорочується. При збільшенні висоти зрізу від 10 до 150 мм верхня мінімальна швидкість зростає на 10-25% [1].

Розташування фасок на ножі також впливає на опір різанню. Існують два типи лез з верхнім і нижнім загостренням (рис. 3.4).



а) б)

Рис. 3.4. Верхнє загострення (а) та нижнє загострення (б) ножа.

Коли фаски розташовані зверху, кут між напрямком відносної швидкості (Vотн) і верхньою фаскою дорівнює сумі двох кутів. У випадку нижнього розміщення фасок цей кут зменшується до одного з них, що забезпечує більш ефективний процес зрізання. Залежність питомої сили різання від швидкості для різних типів загострення та культур відображена на рисунку 3.5.

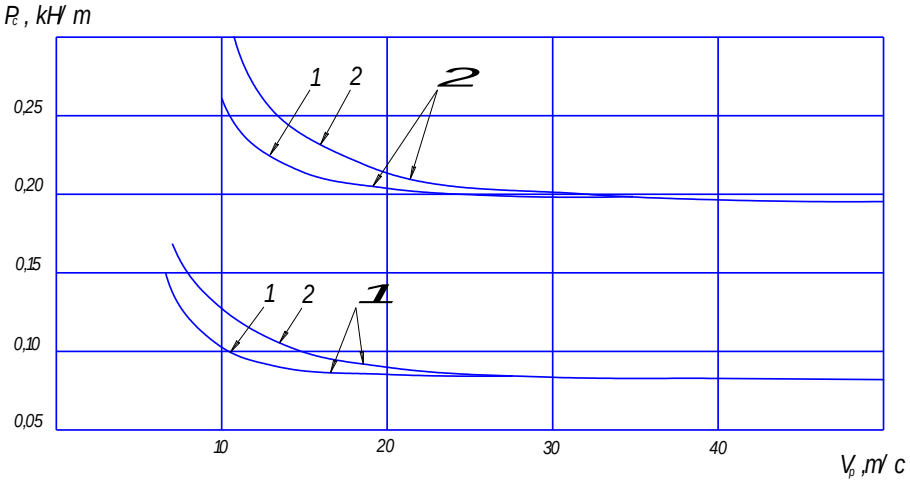


Рис. 3.5. Залежність питомої сили різання від швидкості.

I - конюшина; II - Костер; 1 - нижнє загострення; 2 - верхнє загострення;

Зі складених даних видно, що мінімальна швидкість різання при нижньому загостренні леза на 8-12% менша порівняно з верхнім загостренням.

Аналіз процесу різання.

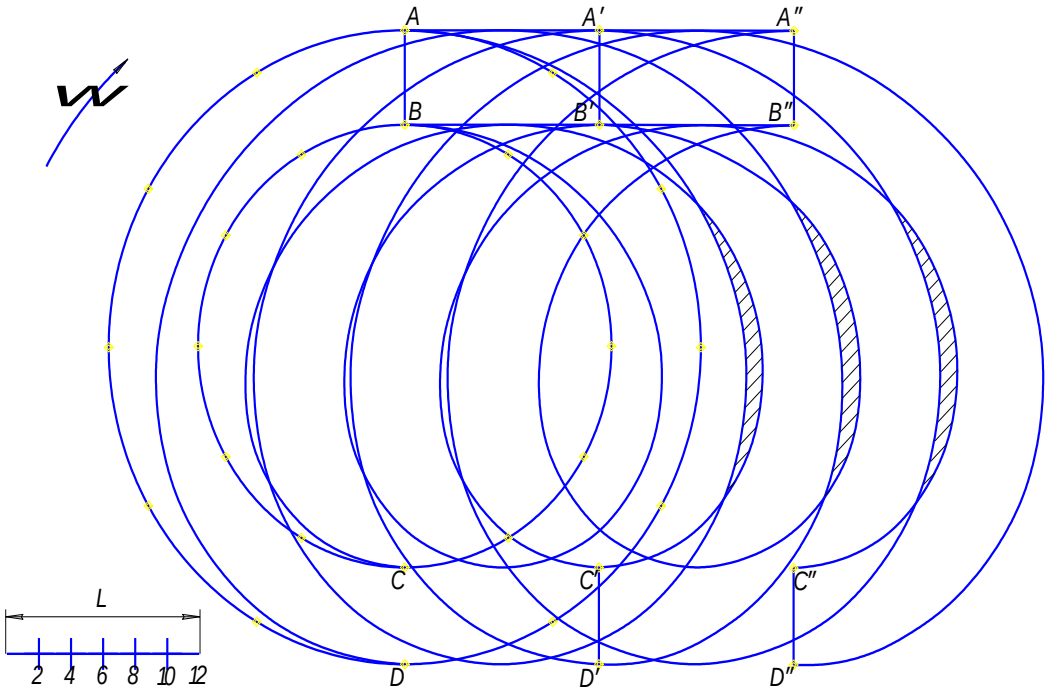


Рис. 3.6. Циклоїда руху ротора з двома різальними елементами.

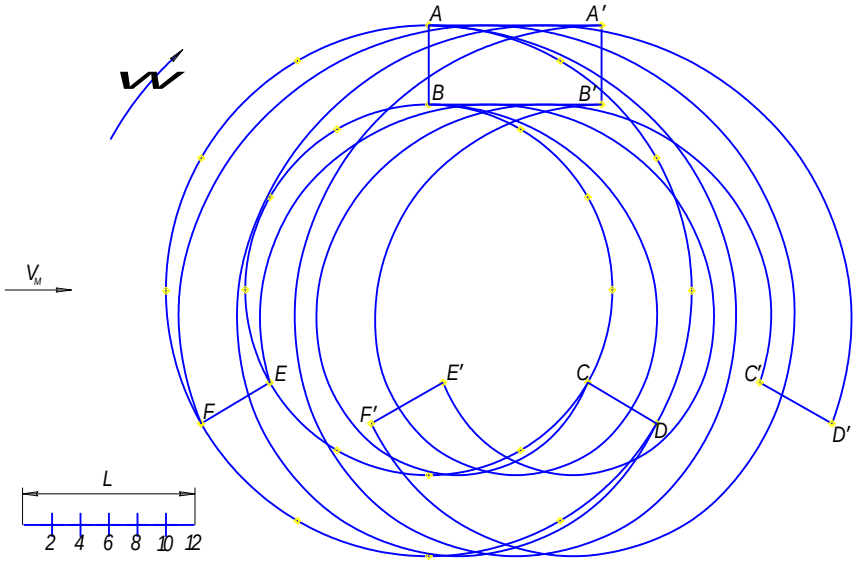


Рис. 3.7. Циклоїда руху ротора з трьома різальними елементами.

Щоб проаналізувати процес різання, побудували циклоїди руху апарату з двома різальними сегментами (рис. 3.6) та з трьома сегментами (рис. 3.7). На рис. 3.6 видно, що при збільшенні швидкості руху з'являються незрізані ділянки (заштриховані), що призводить до втрат і погіршує якість процесу. Незрізані ділянки уповільнюють відростання трави та погіршують якість сіна.

На рис. 3.7 показано, що при трьох сегментах таких ділянок немає, і зріз проходить якісно. З порівняння циклоїд видно, що із зростанням швидкості при двох сегментах зріз стає неповним, тому для покращення потрібно додати по одному різальному елементу на кожен апарат.

Для трьох ножів рекомендується, щоб робоча довжина леза перевищувала подачу на одне лезо, тобто.

$$h > \frac{L_1}{n}, \text{ мм.}$$

Однак обрана довжина леза має бути значно більшою за подачу, бо у протилежному разі частина леза біля основи сегмента не буде задіяна в різанні.

Аналіз роботи ротаційного апарату косарки КРН-2,1

Дослідження ротаційного апарату косарки КРН-2,1 виявили деякі незначні недоліки, усунення яких та модернізація можуть підвищити

продуктивність:

1. На косарці встановлені ножі з верхнім загостренням (рис. 3.4 та 3.5), що є менш ефективним, оскільки мінімальна швидкість різання при цьому зростає на 8-12%.
2. Диск ротора оснащено двома різальними елементами, через що при збільшенні швидкості з’являються незрізані ділянки, що обмежує швидкість машини і знижує продуктивність (приблизно 3 га/год).
3. Під час експлуатації леза затуплюються, що погіршує якість зрізу. Затуплення до 100-120 мкм підвищує питому силу різання на 12-18%.
4. Для мінімізації втрат швидкість різання повинна бути не меншою за верхню мінімальну, значення якої наведені у відповідній таблиці.

Виявлені недоліки та варіанти модернізації косарки КРН-2,1

У результаті аналізу роботи ротаційного апарату косарки КРН-2,1 були виявлені недоліки. Для їх усунення запропоновано такі заходи:

1.Збільшити кількість різальних елементів на диску до трьох.

2.Замінити різальні елементи з верхнім загостренням на ножі з нижнім загостренням.

3.Закріпити ножі шарнірно з можливістю регулювання положення, щоб адаптувати апарат до різного питомого опору зрізу культур.

Обгрунтування конструктивної схеми вдосконаленого різального апарату.

Мета вдосконалення - підвищення якості роботи та продуктивності косарки.

Поставлена мета досягається тим, що ножі мають пристосування для регулювання свого положення по довжині паза, а кінець пружини, що взаємодіє з дисковим ротором, нерухомо сполучений з останнім. При цьому пружини виконані з регульованою жорсткістю.

На рис.3.8, а зображено схему різального апарату, вигляд зверху; на рис.3.8, б – розріз *А-А*; на рис.3.8, в - вид *Б*.

Різальний апарат складається з дискового ротора 1, на якому ексцентрично відносно його осі 2 встановлені на шарнірах 3 ножі 4. На кожному шарнірі 3 встановлена пружина 5, а ніж 4 обмежений упором 6, який встановлений в секторному пазу 7 і закріплений гайкою 8.

Один з кінців пружини 5 вставлений в отвір 9 дискового ротора 1, а інший закріплений за палець 10. Палець 10 розміщений одним кінцем в секторному пазу 11 ножа 4 і закріплений гайкою 12, а іншим - в секторному пазу 13 дискового ротора 1. Секторні пази 7, 11 і 13 розташовані концентрично відносно осі 14 шарніра 3.

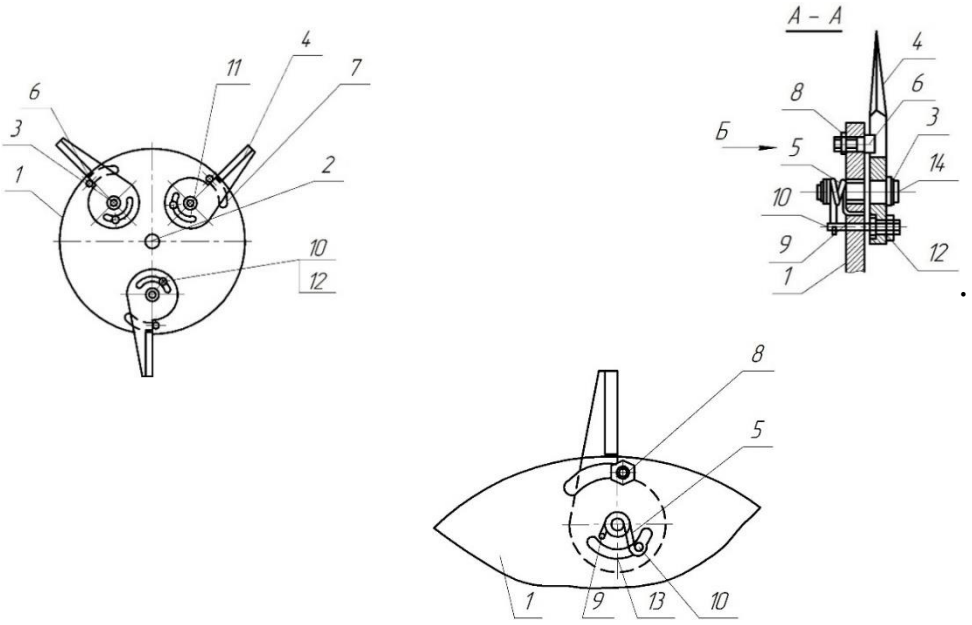


Рис. 3.8. Схема різального апарату (а), розріз *А-А* (б) та вид Б (в): 1– дисковий ротор; 2, 14 – вісь; 3 – шарнір; 4– ніж; 5 – пружина; 6 – упор; 7, 11, 13 – паз; 8, 12 – гайка; 9 – отвір; 10 – палець;

3.2. Розрахунок конструктивно-технологічних параметрів модернізованої косарки.

3.2.1. Розрахунок геометричних та кінематичних параметрів

Розрахунок геометричних і кінематичних параметрів модернізованої косарки виконують на основі вихідних даних, визначених агротехнічними вимогами до процесу скошування трав. До основних вихідних параметрів

належать:

B_p=2,1 м - ширина захвату [14];

V_p - робоча швидкість, км/год.

Для покращення продуктивності ми збільшили швидкість на 5 км/год, тому тепер вона становить Vp = 20 км/год.

Мінімальна кількість роторів визначається необхідністю зберегти простоту конструкції приводу, оскільки технологічні та енергетичні переваги роторів з малим діаметром не компенсують складності, пов'язані з виробництвом багатороторних різальних механізмів.

Розрахунковий діаметр ротора

$$D=2R, \text{ м} \tag{3.8}$$

В свою чергу $D=B/K$, м

де B - ширина захвату; B=2,1 м

K- кількість роторів, шт. K=4 [14]

Тоді D=2,1/4=0,524 м

Кількість ножів на роторі, m.

Як один з варіантів модернізації ми приймаємо: m=3.

Верхня мінімальна швидкість ($V_{p\,min}$)

Для сіяних трав, зокрема конюшини верхня мінімальна швидкість рівна $V_{p\,min}$=45 м/с [3].

Кут між сусідніми лезами:

$$\theta = \frac{2\pi}{m}, \text{ рад.} \tag{3.9}$$

m – число різальних елементів, шт.

Кутова швидкість ротора:

$$\omega \cdot R = V(\theta \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + \sqrt{V^2(\theta \sin \varphi_{min} - \cos \varphi_{min}) + V^2}, \text{м/с} \tag{3.10}$$

θ - кут між сусідніми лезами, град.

$V_{\min}$ - мінімальна швидкість різання, м/с.

Таким чином, маємо

$$\omega \cdot R = 5{,}6(2.1 \sin 97^0 - \cos 97^0) + \sqrt{5,6^2(2{,}1 \sin 97^0 - \cos 97^0) + 45^2} = 215(1/c)$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{30}{\pi}\omega, об/мин. \tag{3.11}$$

$$n = \frac{30}{3.14} \cdot 215 = 2050, \text{об/хв}$$

Робоча висота леза h_p, мм:

$$ħ_p = \frac{V\theta}{\omega}, мм \tag{3.12}$$

Прийнявши: V= 5,6 м/с; $\theta = 2.1 рад$

Перекриття ріжучих елементів

У процесі роботи багатороторних косарок необхідно, щоб траєкторії різальних елементів сусідніх роторів частково перетиналися.

Це допомагає уникнути пропусків ділянок трави, які могли б залишитися незрізаними.

Розрахункова формула для визначення перекриття має вигляд [8]:

$$\begin{aligned} &\Delta \geq D[(1-\lambda)^2 - \sqrt{(1-\lambda)^4 - (\pi\lambda/m)^2}], мм \\ &D = 0.524 \\ &\lambda = 0.099 \\ &\pi = 3.14 \end{aligned} \tag{3.13}$$

m=3

$$\Delta = 524[(1-0.099)^2 - \sqrt{(1=0.099)^4 - (\pi\lambda/m)^2}] = 524[0.81-0.80] = 5см$$

Конструктивний радіус ротора

$$\begin{aligned} &R_1 = R + \Delta, м \\ &где \\ &R = 0.262м \\ &\Delta = 0.05м \\ &R_1 = 0.262 + 0.05 = 0.312м \end{aligned} \tag{3.14}$$

Питома сила різання P_c, кН

Сила різання визначається по формулі:

$$P_c = a + (b/V_p^c), кН \tag{3.15}$$

де: а, в, с - коефіцієнти, що характеризують фізико-механічні властивості матеріалу і геометрію леза.

Таким чином:

$P_c = 0.1 + (2.4/45^{1.1}) = 0.14кН$

Крутний момент на одному роторі M, Н·м:

$$M = P_c \cdot H_p \cdot R_1 \text{ , Н·м} \qquad (3.16)$$

де:

$P_c = 0.14кН$
$H_p = 80мм$
$R_1 = 0/312м$
$M = 0.14 \cdot 0.08 \cdot 0.312 = 0.35Нм$

Критерії ефективності клинопасової передачі.

Практика використання пасових передач показала, що їх ефективність обмежена тяговою здатністю та довговічністю паса. Перший випадок виникає, коли пас втрачає тягову здатність через буксування, що відбувається через недостатню силу зчеплення паса зі шківом. При цьому ведучий шків продовжує обертатися, а ведений не рухається. Наслідком буксування є нагрів паса, що може призвести до його спадання зі шківа. Таким чином, на відміну від пружного ковзання, буксування в пасовій передачі є неприпустимим.

3.2.2. Розрахунок тягової здатності.

Оцінка пасової передачі за тяговою здатністю здійснюється на основі показників як тягової здатності, так і довговічності.

Тягову здатність передачі визначають через коефіцієнт тяги Ψ, який залежить від параметра q [7].Для розрахунку використовується умова працездатності передачі у формі

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \le [\sigma_t], \qquad (3.17)$$

де: σ_t - питома колова сила (корисна напруга).

$[\sigma_t]$ - допустима корисна напруга МПа [7];

A - площа поперечного перерізу паса, мм^2.

У відповідності до цього маємо:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} = \frac{450кН}{0.81 \cdot 3} = 1.85мПа,$$

$$F_t = \frac{2T_1}{d_1},$$

де: T_1 – крутний момент на валу;

d_1 - діаметр привідного шківа.

$$F_t = \frac{2 \cdot 45}{200} = 450kH$$

Питома колова швидкість σ_t є параметром, що відображає тягову здатність передачі.

Для розрахунку тягової здатності передач з нормальними та вузькими клиновими пасами необхідно визначити потрібну кількість пасів, виходячи зі співвідношення, що базується на умові [7]:

$$Z = \frac{F_t \cdot G_z}{A[\sigma_t]}, \text{ шт} \qquad (3.18)$$

F_t - корисне навантаження, кН;

A - площа перерізу одного паса, мм^2 ;

G_z - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між пасами в комплекті, C_z = 0,85…1 [11].

$$Z = \frac{0.45 \cdot 0.95}{0.81 \cdot 0.15} = 3шт.$$

Значення C_z можна уточнювати залежно від кількості пасів в комплекті. Остаточно приймаємо Z=3; C_z = 0,8.

3.2.3. Визначення допустимої корисної напруги.

Допустиму корисну напругу пасової передачі визначають, виходячи з умови міцнісної надійності паса [11]:

$$\sigma_{1max} \leq \sigma_e$$

В умові σ_e - максимальна ефективна змінна напруга, яку пас може витримати протягом N_e циклів.

Значення σ_e знаходять з рівняння кривої втоми, що отримується експериментально:

$$\sigma_e = \frac{C}{N_e^{\frac{1}{m}}}, \text{ МПа,} \qquad (3.19)$$

де: *м* - показник міри кривої втоми. На підставі експериментальних досліджень для клинопасових передач *м* = 11 [7];

C – константа, яка визначається експериментально для кожного типу пасів, *C* = 38,2 [7].

Якщо розглядати число пробігів паса в секунду:

$$\nu = \frac{V}{t}, \text{ с}^{-1}, \qquad (3.20)$$

де: *V* - швидкість паса, м/с;

L - довжина паса, м;

$$\nu = \frac{30}{1.7} = 18 об/с;$$

то при постійному режимі навантаження ефективне число циклів за увесь термін служби

$$N_e = 3600 \frac{L_h \cdot V \cdot Z_m}{l}, \qquad (3.21)$$

де: L_h - термін служби паса; L_h = 24000 год [9];

Z_m - число шківів.

Тоді

$$N_e = 3600 \frac{24000 \cdot 30 м/с \cdot 2}{1700} = 3049412 \text{ циклів.}$$

$$\sigma_e = \frac{38.2}{3049412^{0.09}} = 10 МПа$$

Допустима корисна напруга за стандартних умов роботи

$$[\sigma_t] = \sigma_{t0} \cdot c_p \cdot c_\alpha, \qquad (3.22)$$

де: c_p - коефіцієнт динамічності для клинопасових передач, c_p = 1,1 [7];

c_α - коефіцієнт, що враховує вплив на тягову здатність передачі кута обхвату, при α=110^0 c_α=0,78 [7];

σ_{to} – допустима корисна напруга передачі, МПа;

$$\sigma_{to} = \frac{5{,}55}{v^{0.09}} - 6\frac{b_o}{de}^{1.57} - 10^{-3} \cdot V^{2}, \text{ МПа;}$$

де b_o - ширина паса в нейтральному шарі; b_o = 11 мм [7];

$$\sigma_{to} = \frac{5{,}55}{18^{0.09}} - 6\frac{11}{200}^{1.57} - 10^{-3} \cdot 30^{2} = 2{,}45 мПа$$

Звідси: $[\sigma_t]$ =2,45·1,1·0,78=2,1 МПа

З проведених розрахунків видно, що умова працездатності виконується; тобто $\sigma_t \le [\sigma_t]$.

Сила початкового натягу паса.

Сила початкового натягу паса визначається за залежністю:

$$\Psi = \Psi_0 \cdot c_\alpha \cdot c_p, \qquad (3.21)$$

де Ψ_0 = 0,67 - коефіцієнт тяги стандартної передачі [7];

Ψ=0,67·0,78·1,1=0,57

Далі обчислюємо коефіцієнт q:

$$q = (1+\Psi)/(1-\Psi). \qquad (3.22)$$

$$q = (1+0{,}57)/(1-0{,}57) = 3{,}7$$

Обчислюємо сили попереднього натягу кожної з гілок передачі

$$F_1 = \frac{q}{q-1} \cdot F_t, \text{ Н;} \qquad (3.23)$$

$$F_1 = \frac{3{,}7}{3{,}7-1} \cdot 36 = 49 H;$$

$$F_2 = F_1 - F_t, \text{ Н;} \qquad (3.24)$$

$$F_2 = 49 - 36 = 13 \text{ Н;}$$

Сила початкового натягнення гілок передачі:

$$F_o = 0{,}5(F_1+F_2), \text{ Н} \qquad (3.25)$$

$$F_o = 0{,}5(49+13) = 27 \text{ Н;}$$

Геометричні характеристики пасової передачі.

Головним параметром пасової передачі вважається діаметр шківа.

$$d_e = d_n + 2b$$

де: d_n - розрахунковий діаметр паса, на якому розташовується нейтральний шар, мм;

d_n = 300 мм;

d_e - зовнішній діаметр шківа для передачі клиновими пасами, мм.

$d_e = 300+2\cdot3,3 = 307$ мм

Ширина шківа :

$$M = (n - 1)e+2f, \text{ мм;} \qquad (3.26)$$

де: n - число канавок на шківі;

$M = (3-1)15+2\cdot10 = 50$ мм.

Товщина обода чавунних шківів :

$$\delta_{чуг} = 1,2 \cdot h, \text{ мм;} \qquad (3.27)$$

де: h = 8,7 мм.

$\delta_{чуг} = 1,2 \cdot 8,7 = 10,4$ мм.

Товщина обода сталевих шківів :

$$\delta_{ст} = 0,8 \cdot \delta_{чуг}, \text{ мм.} \qquad (3.28)$$

$\delta_{ст} = 0,8 \cdot 10,4 = 8,4$ мм.

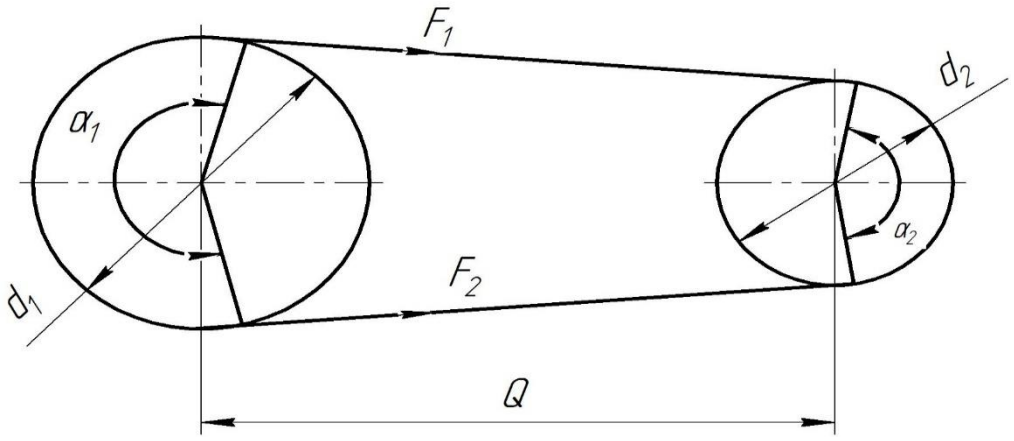


Рис.3.9 Геометричні та силові параметри пасової передачі

Чавунні литі шківи використовують при коловій швидкості до 30 м/с через ризик розриву під дією відцентрових сил [7]. Якщо швидкість перевищує

цей показник, застосовують сталеві шківи.

У нашому випадку застосовують сталеві шківи.

Мінімальна міжосьова відстань в клинопасових передачах:

$$Q_{min} = 0{,}55(d_1+d_2)+h, \text{ мм.} \quad (3.29)$$

де: d_1 - діаметр привідного шківа, мм;

d_2 - діаметр веденого шківа, мм;

d_2 = 150 мм.

Q_{min} = 0,55(370+150)+8 = 204 мм.

Максимальна міжосьова відстань з економічних міркувань (збільшення габаритів і вартості пасів) і для запобігання поперечним коливанням пасів обмежують значенням:

$$Q_{max} = 1{,}8(d_1+d_2), \text{ мм.} \quad (3.30)$$

Q_{max} = 1,8(207+150) = 643 мм.

Необхідна довжина паса для передачі при заданій міжосьовій відстані Q і куті обхвату α = 110° (визначається як сума прямолінійних ділянок і дуг обхвату

$$L = 2a + \frac{П(d1+d2)}{2} + \frac{(d2-d1)2}{4a}, \text{ мм.} \quad (3.31)$$

$$L = 2\cdot 800 + \frac{3{,}14(307+150)}{2} + \frac{(150-307)2}{4\cdot 300} = 2262 \text{ мм.}$$

В результаті виконаних розрахунків визначено основні геометричні показники шківа, та вимоги, що ставляться до пасів.

Інші параметри є довідковими.

Визначення довговічності підшипника 60208 приводу ведучого шківа.

Підшипник знаходиться під навантаженням:

F_r - радіальна сила; F_r = 2300 Н.

F_Q - осьова сила; F_Q = 1500 Н.

Внутрішнє кільце (V=1) обертається з частотою n=2050 хв$^{-1}$.

З довідника відомо, що динамічна вантажопідйомність цього підшипника складає: C_v = 32000 Н; C_{ov} = 17800 Н [13].

Визначимо співвідношення:

F_Q / C_{ov} = 1500/17800 = 0,08.

Цьому відношенню відповідає $e \approx 0{,}28$ [13].

Визначимо співвідношення:

$$F_Q /(VF_r) = \frac{1500}{1 \cdot 2300} = 0{,}7$$

Так, як це відношення перевищує e = 0,28, то по таблиці [9] знаходимо

x = 0,56 і $y = \frac{1-x}{e}$.

$$y = \frac{1-0{,}56}{0{,}28} = 1{,}57$$

Визначимо еквівалентне навантаження.

Еквівалентне навантаження для підшипників визначають з урахуванням особливості їх роботи в експлуатаційних умовах:

$$R = F_э K_\sigma K_T = (XVF_V + YF_Q) F_э K_\sigma K_T, \qquad (3.32)$$

де: V - коефіцієнт обертання;

V = 1 при обертанні внутрішнього кільця [9];

K_σ - коефіцієнт безпеки, що враховує вплив на довговічність підшипників характеру зовнішніх навантажень [9];

K_T - температурний коефіцієнт [9];

$$R = (0{,}56 \cdot 1 \cdot 2300 + 1{,}57 \cdot 1500) \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 5465{,}5H.$$

Номінальна довговічність

$$L = (C_r / R)^3 = (32000/5464.5)^3 = 201 мин / оборотов$$

$L_h = L/(6 \cdot 10^{-5} \cdot n) = 201/(6 \cdot 10^{-5} \cdot 2050) = 1634$ год.

Довговічність роботи підшипника серії 60208 складає 1634 годин.

3.2.4. Розрахунок шпонкового з'єднання ведучого шківа.

Вибір шпонок здійснюють за спеціальними таблицями [7] згідно з ГОСТ 23360-78, враховуючи діаметр вала. Для привідного вала з діаметром 40 мм шпонка має розміри b×h×l = 10×8×22 мм [7]. Схема шпонкового з'єднання показана на рис. 3.11. Знайдемо діаметр в середньому перерізі конічної ділянки

L = 22 мм.

$$d_{ср} = d - 0{,}005L, \tag{3.33}$$

де: d - діаметр валу,

$d_{ср}$ = 37 - 0,005·22 = 35,9 мм.

Шпонка призматична з наступними параметрами b = 10 мм, h = 8 мм, t_1 = 5 мм [9].

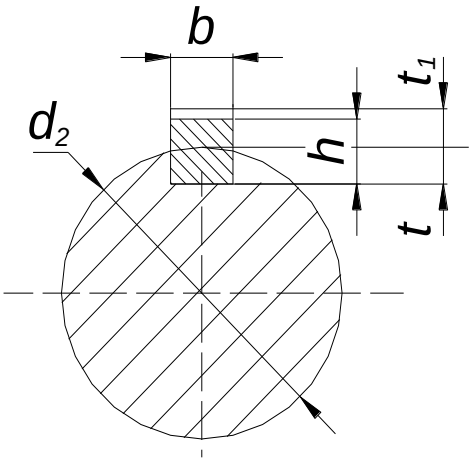


Рис. 3.10 Розрахункова схема шпонкового з’єдання

Для передачі крутного моменту T=45 Н·м з валу на ведучий шків застосовують з'єднання шпонкою.

Довжина шпонки L = 22 мм.

Робоча довжина:

$L_p = L - b$ = 22-10 = 12 мм.

Розрахункова напруга зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d_{ср}(h - t_1)l_p}, \text{ МПа} \tag{3.34}$$

T = 45 Н·м, $d_{ср}$ = 35,3 мм.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 45 \cdot 10^{3}}{35{,}3(8-5) \cdot 12} = 70 \text{ МПа}.$$

Мінімальне допустиме напруження для сталевої маточини шківа становить [σзм] = 140 МПа [7]. Осьове фіксування шківа здійснюється шляхом підтискання шліцьовою гайкою.

Висновок:

1. В результаті аналізу роботі ротаційного апарату встановлено, що витрати енергії на роботу такого пристрою вищі у зв’язку з особливостями процесу різання та часткового подрібнення матеріалу.

2. Для підвищення якості роботи та продуктивності косарки пропонується ножі ротора обладнати додатковим пристроєм, що дозволяє підвищити надійнсть роботи і зменшити енергомісткість процесу.

3. В результаті проведених розрахунків отримано наступні параметри модернізованої косарки діаметр ротора 0,524 м, кількість роторів 4, частота обертання 2050 об/хв, також обґрунтовано геометричні та кінематичні параметри приводу роторів косарки.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці в нашій країні є важливою державною задачею, що включає заходи зі спрощення та покращення умов праці через механізацію і автоматизацію важких та шкідливих виробничих процесів. Це також передбачає широке впровадження сучасних засобів безпеки, усунення причин травматизму і професійних захворювань працівників, а також створення необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов на підприємствах [16].

Механізатори повинні мати необхідні навички роботи з сучасною високопродуктивною технікою, дотримуватися правил виробничої санітарії та користуватися засобами індивідуального захисту.

Існує багато нормативних документів і довідкової літератури, що допомагають організувати охорону праці, провести навчання та інструктаж, а також забезпечити дотримання вимог виробничої санітарії і гігієни в сільському господарстві.

4.1. Вимоги безпеки при роботі на агрегаті для зкошування трав.

Загальні положення

У сільськогосподарському виробництві використовують різноманітні машини та знаряддя. На відміну від промислових умов, вони працюють у полі, і багато їх робочих частин не мають захисту від випадкового контакту. Через це правила безпеки при експлуатації сільськогосподарських агрегатів мають особливу важливість.

До роботи з агрегатом допускаються механізатори віком від 17 років, які пройшли інструктаж, ознайомлені з будовою агрегату, його регулюваннями, правилами догляду та безпечними методами роботи. Керівник має мати відповідне посвідчення на право керування.

Під час роботи з удосконаленою косаркою КРН-2,1 працівники перебувають у безпосередній близькості до рухомих деталей та механізмів, тому вони повинні бути одягнені у спеціальний, щільно заправлений одяг, а волосся — заховане під головним убором.

При заготівлі кормів механізатори працюють з паливно-мастильними матеріалами. Пальне та трансмісійне масло, що застосовуються для тракторів, автомобілів, комбайнів та інших машин, є токсичними для людини, пожежо- та вибухонебезпечними [16].

4.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

Перевірити наявність і надійність захисних огороджень та кожухів карданних, пасових і зубчастих передач, а також рухомих частин. Кожух карданного валу має бути міцно закріплений до нерухомих елементів і не повинен обертатися разом із валом. На огородженнях і біля небезпечних вузлів повинні бути попереджувальні написи.

Перевірити стан і надійність сидіння, драбинки та підніжки трактора, очистити їх від бруду, не допускати тріщин і ослаблень кріплень.

Переконатися у справності машин та агрегатів для заготівлі сіна, а також у наявності інструментів для усунення несправностей і очищення робочих органів.

Огляньте різальний апарат машин і перевірте міцність кріплення пальців та пластинчастих ножів на роторних косарках. Замініть пошкоджені елементи. Відрегулюйте апарат так, щоб ніж і шатун були на одній лінії, а зазори між сегментами та лапками ножа не перевищували 0,5 мм, регулюючи їх прокладками. Заміна різального апарату дозволяється лише до приєднання косарки до трактора.

Проведіть перевірку гальм, рульового управління та освітлення. Переконайтеся, що на ділянці заготівлі сіна немає сторонніх осіб.

Приєднуйте агрегат до трактора лише на повній зупинці, контролюючи відсутність людей між ними при під’їзді заднім ходом. Перед запуском приберіть з усіх вузлів інструменти і деталі. Колеса трактора встановіть на максимальну ширину колії.

4.3.Вимоги безпеки під час виконання робіт.

Уникайте перебування поруч з неогородженими рухомими вузлами і деталями. Не починайте роботу, якщо зняті захисні огородження на рухомих

механізмах трактора, машин і агрегатів. Постійно перевіряйте їх наявність, справність та надійність кріплення — всі огородження мають бути закріплені відповідно до конструкції.

Не працюйте на машині при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

Слідкуйте, щоб вал відбору потужності не запускався самостійно під час руху чи зупинки трактора.

Не перевіряйте, не регулюйте, не натягуйте ланцюги та паси, не усувайте несправності і не змащуйте машину під час роботи двигуна. Ці дії допускаються лише при вимкненому двигуні.

Всі регулювання та технічне обслуговування виконують лише після повної зупинки машини та вимкненого двигуна трактора. Не працюйте під машиною без встановлених гальмових башмаків під колесами.

Якщо земля пухка, під підйомний домкрат підкладайте міцну дошку, уникаючи крихких матеріалів.

Очищення, регулювання і усунення несправностей робіть тільки при зупиненому агрегаті, вимкненому двигуні та нерухомих робочих органах.

Після ремонту чи регулювання не залишайте на машині інструменти та пристосування.

Висновок: Охорона праці при зкошуванні трав є ключовим фактором безпеки та ефективності в сільському господарстві. Дотримання правил безпеки, своєчасна перевірка техніки та правильне використання захисних пристроїв допомагають запобігти травмам і підтримують здорові умови праці. Особливо важливо піклуватися про стан робочих органів і захисних огороджень, що сприяє збереженню життя працівників і підвищенню продуктивності.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕННОЇ КОСАРКИ

Метою економічної ефективності є визначення ключових параметрів, зокрема річного економічного результату та періоду окупності модернізованої машини. Запропонований спосіб розрахунку [18;19] дає змогу оцінити виправданість впровадження вдосконалень у виробничому процесі.

Таблиця 5.1

Вихідні дані до розрахунку

	Показники	Варіанти	
		Базовий	Проектний
1	Вид роботи, що виконується	Скошування	
2	Склад агрегату	Беларус-82.1+ КРН-2.1	Беларус-82.1+ КРН-2.1М
3	Обсяг роботи, га	400	400
4	Продуктивність агрегату за годину робочої зміни, га/год.	2,2	2,8
5	Балансова вартість агрегату, грн.: трактора косарки Всього:	 600000 40000 640000	 600000 45000 645000
6	Тривалість зміни, год.	7	7
7	Кількість обслуговуючого персоналу, осіб	1	1
8	Вартість палива, грн/кг	85	85

Наступна таблиця демонструє техніко-економічні показники реалізації проекту, порівнюючи базовий і модернізований варіанти.

Таблиця 5.2

Техніко-економічні показники реалізації проекту

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, га	400	400
Годинна продуктивність, га/год.	2,2	2,8
Витрати палива на 1 га, кг	0,6	0,4
Балансова вартість агрегату, грн.:		
трактора	600000	600000
косарки	40000	45000
Всього:	640000	645000
Нормативне навантаження, год.	181,8	172,8
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього:	835,98	827,85
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	31,94	25,09
амортизаційні відрахування, грн.	489,7	491,4
вартість ПММ, грн.	51	34
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	239	253,25
інші витрати.	24,34	24,11
Капітальні інвестиції на 1 га, грн.	1600	1612,5
Приведені витрати на 1 га, грн.	1076	1069,7
Річний економічний ефект, грн.	-	2520
Термін окупності додаткових капітальних інвестицій, років	-	1,98

Висновок: В результаті проведених розрахунків доведено економічну доцільність практичного впровадження вдосконаленої ротаційної косарки КРН-2,1М. Річний економічний ефект у цьому випадку складає 2,5 тис.грн, а термін окупності модернізованої косарки становить 2 сезони експлуатації.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В результаті проведеного аналізу технології заготівлі сіна встановлено, що найбільш перспективною є заготівля сіна в пресованому виді. При цьому є найбільш відповідальною операцією при реалізації технології скошування.

Дотримання існуючих агротехнічих вимог, при скошуванні маси, є ключовим завданням при реалізації заготівлі сіна.

В результаті аналізу властивостей трав встановлено, що на процес скошування найбільший вплив мають жорсткість стебла рослини, вологість та геометричні розміри стебла рослин.

На основі проведеного аналізу існуючих технічних засобів для скошування маси встановлено, що існуючі косарки мають ряд недоліків що проявляється в складних умовах роботи. Зокрема при роботі на високоврожайних травостоях із значним мікрорельєфом ножі косарок не відповідають вимогам роботи по надійності і довговічності.

Патентний аналіз ротаційних ріжучих апаратів свідчить, про те що напрямками розвитку таких пристроїв є підвищення надійності та довговічності шляхом вибору відповідного матеріалу ножа, використання додаткових пристроїв на ротаційних косарках, додаткових пристроїв якими обладнуються ріжучі елементи та зміна режиму роботи косарки.

В результаті аналізу роботі ротаційного апарату встановлено, що витрати енергії на роботу такого пристрою вищі у зв’язку з особливостями процесу різання та часткового подрібнення матеріалу.

Для підвищення якості роботи та продуктивності косарки пропонується ножі ротора обладнати додатковим пристроєм, що дозволяє підвищити надійнсть роботи і зменшити енергомісткість процесу.

В результаті проведених розрахунків отримано наступні параметри модернізованої косарки діаметр ротора 0,524 м, кількість роторів 4, частота обертання 2050 об/хв, також обґрунтовано геометричні та кінематичні параметри приводу роторів косарки.

Охорона праці при зкошуванні трав є ключовим фактором безпеки та ефективності в сільському господарстві. Дотримання правил безпеки, своєчасна перевірка техніки та правильне використання захисних пристроїв допомагають запобігти травмам і підтримують здорові умови праці. Особливо важливо піклуватися про стан робочих органів і захисних огороджень, що сприяє збереженню життя працівників і підвищенню продуктивності.

Проведено техніко-економічний розрахунок впровадження проекту. При цьому встановлено, що при заготівлі сіна з впровадженням даного вдосконалення, річний економічний ефект складає 2520 грн. з терміном окупності капіталовкладень за 2 сезони експлуатації.

Запропоноване вдосконалення косарки КРН-2,1 може бути практично реалізоване в умовах будь-якого господарства, враховуючи незначні капіталовкладення та відносну простоту виготовлення необхідних деталей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Посібник. Машини для заготівлі та приготування кормів/ За ред. В.І. Кравчука. Ю.Ф. Мельника, - Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009. - 136 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. - К.: Мета, 2003. - 448 с.:
3. Грачова Л.І. та ін. Довідник по механізації кормовиробництва/Л. І. Грачова, А.В. Грачов, А.П. Вербицький; под ред. Л.І.Грачової. – К.: Урожай, 1989
4. Довідник по заготівлі і зберіганню кормів/ А.О. Бабич, С.Й. Олішинський (упоряд.), В.А. Ясенецький та ін. – К: Урожай, 1989. – 176 с.
5. Комплексна механізація кормовиробництва / В.А. Ясенецький, С.Й. Олішинський, В.Ю. Поєдинок, А.Д. Гаркавий. – К.: Урожай, 1992. – 216 с.
6. Ясенецький В.А., Єрмоленко В.О., Гарькавий А.Д. Зниження енергозатрат у тваринництві і кормовиробництві. – К.: Урожай, 1989. – 136 с.
7. Дипломне та курсове проектування / Д.Г. Войтюк та ін.; За ред. О. В. Дацишина. – К.: Урожай, 1996. – 192 с.
8. Довідник конструктора сільськогосподарських машин у чотирьох томах / Под ред. М.І.Клецкіна. - М.: Машинобудування, 1967. - Т.2. - 830 с.
9. Ільченко В.Ю. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, 2002
10. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка – К.”Агроосвіта”, 2015.-679с.
11. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. За редакцією професора В.Ю.Ільченка. Київ, “Урожай”, 1993.-286 с.
12. Косарка ротаційна КРН-2,1. Технічний опис та інструкція з експлуатації. - Бердянськ; 1987. - 46 с.

13. 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. – С. 63-79.
14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк та ін..; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
15. Панченко О.М. Теорія та розрахунок сільськогосподарських машин: лабораторний практикум -Дніпропетровськ: Дніпропетровський аграрний університет, 2002. - 396с.
16. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / М.М.Сакун, В.Ф.Нагорнюк; Одеський державний аграрний університет/. Кафедра безпеки життєдіяльності.– Одеса «Видавництво», 2009.-184с.
17. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах магістрів інженерно-технологічного факультету. /Дніпро. держ. агр. ун-т. Дніпро, 2018 – 23 с.
18. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету МСГ, що захищають диплом на кафедрі СГМ/Дніпропетр. держ. агр. ун-т. Дніпропетровськ, 2011, 20 с.
19. https://agro.expertus.com.ua/10012698
20. Каталог техніки «CLAAS»: 2018. - 185с. Claas.com

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Удосконалення механізації скошування трав з модернізацією різального апарату ротаційної косарки

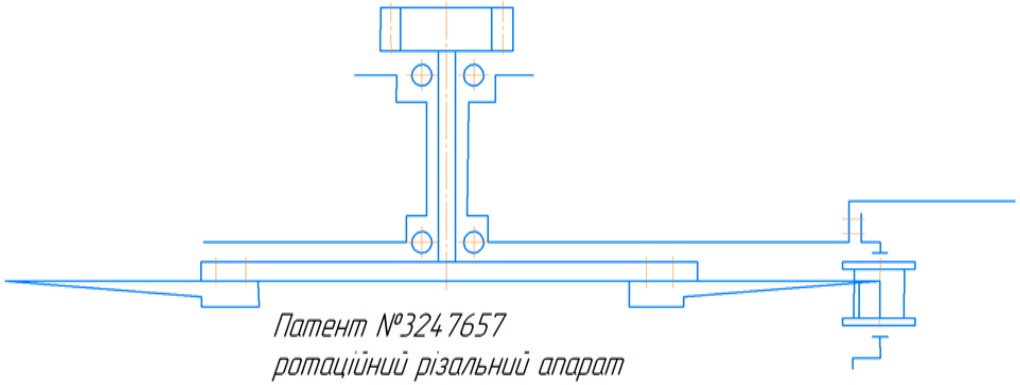
демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступення «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу Сухий

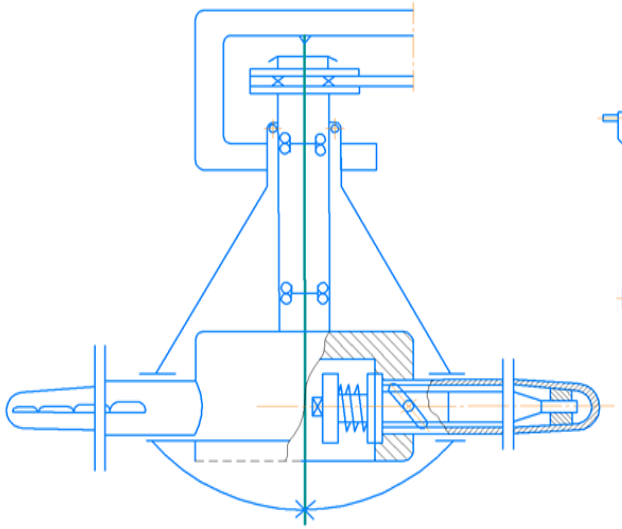
Владислав Олександрович

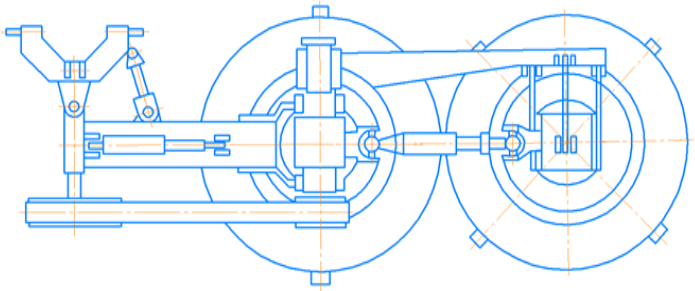
Керівник: доцент Сокол С.П.

Дніпро-2026

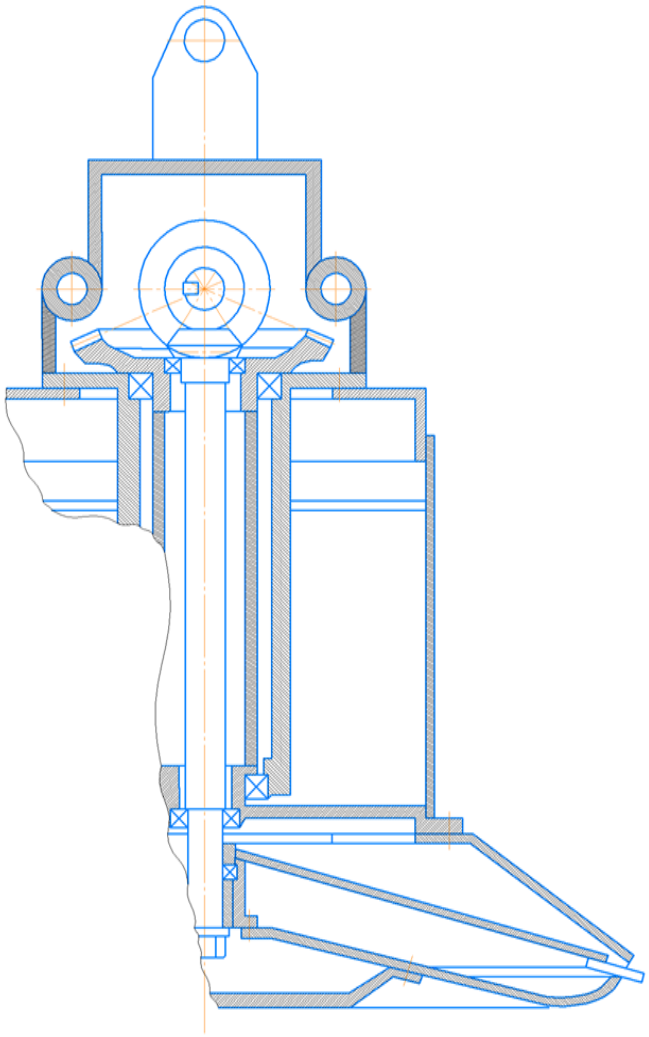


Патент №3247657
ротаційний різальний апарат



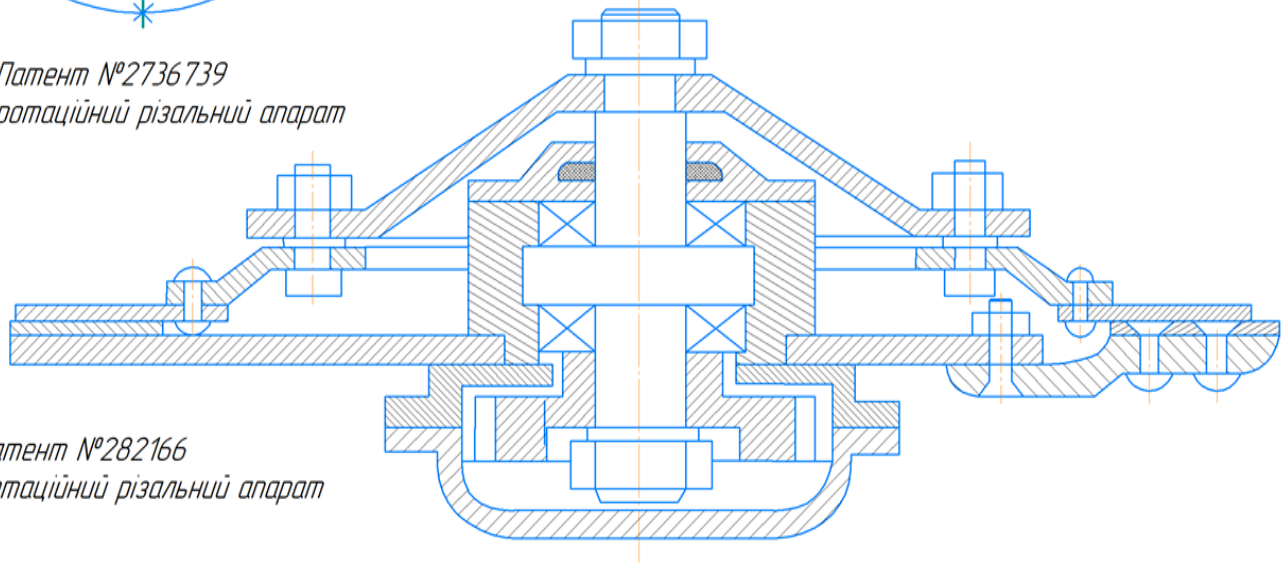


Патент №1376719
косарка



Патент №1674726
ротаційна косарка

Патент №2736739
ротаційний різальний апарат



Патент №282166
ротаційний різальний апарат

						52ДП.060.000.000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Сухий В.О.			Патентний огляд	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Сокол С.П.				У		
Т.контр.						Лист	Листов	
Н.контр.		Лопуть Е.І.				ДДАЕУ		
Утв.		Тюлюк Г.В.						

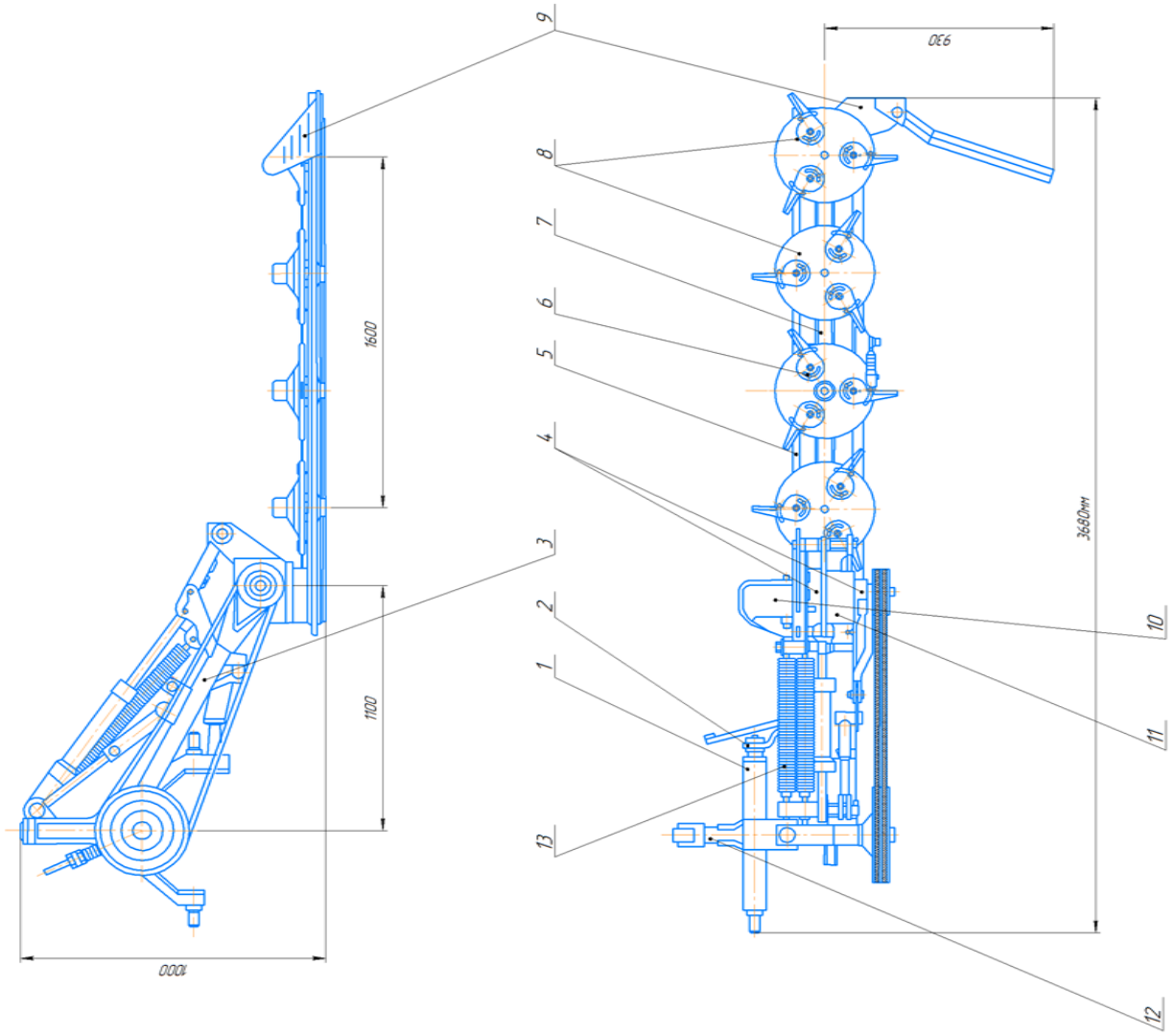
Копировал Формат А1

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Найменування	Значення
Марка	КРН-2.1М
Тип	Ручна подрібнювачка
Характеристика робочих органів	4 ротори по 3 ножі на кожному
Частота обертів ротора, об/хв	1980..2060
Частота обертання ВВП трактора, об/хв	540..560
Конструктивна ширина захвату, м	2.1±0.05
Годинна продуктивність, га/год	2.85
Вага без інструменту, залежно частини, кг	510 ±16
Середня потужність від ВВП трактора, кВт	16..27
Швидкість руху, км/год	15

					52ДП.060.000.000.ВЗ	
Змн.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.		Гуліна В.О.			Косарка ротаційна КРН-2.1М	Літ. / Маса / Масштаб: 1:10
Пров.		Сікора І.П.				У / Лист / Листів: 1
Т.контр.						
Н.контр.		Попель Є.І.			Загальний вид	ДДАЕУ
Затв.		Гасюк Г.В.				

Копіював / Формат А1

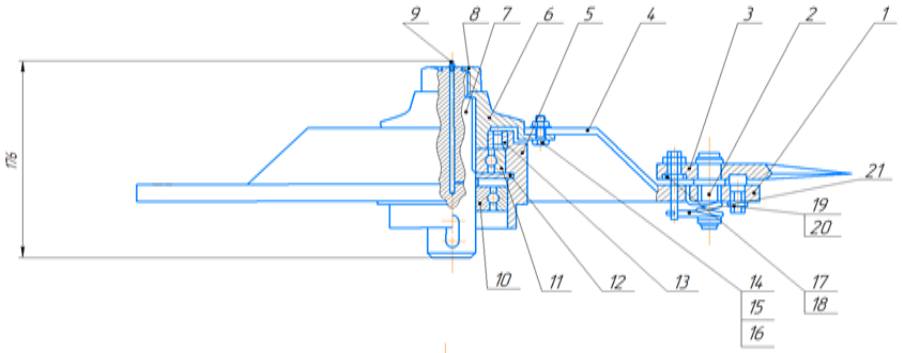


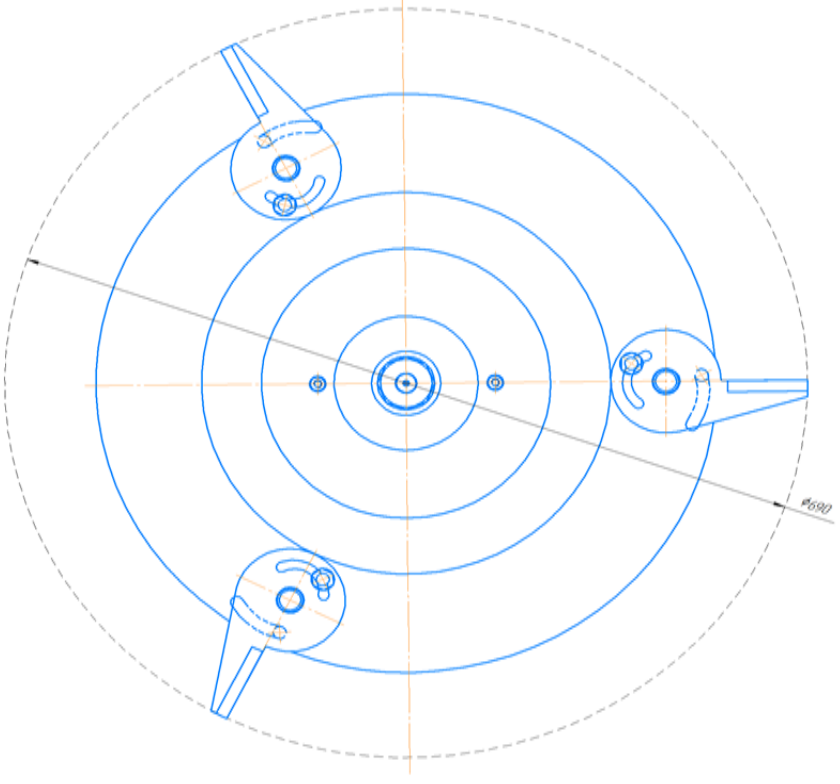
52ДП.060.000.000.ВЗ

Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			52ДП.060.000.000.ВЗ	Загальний вид		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.060.001.000	Рама навіски	1	
		2	52ДП.060.002.000	Тяговий запобіжник	1	
		3	52ДП.060.003.000	Підрамник	1	
		4	52ДП.060.004.000	Цапфа	2	
		5	52ДП.060.005.000	Брус різального апарату	1	
		6	52ДП.060.006.000	Ротор	4	
		7	52ДП.060.007.000	Ніж	8	
		8	52ДП.060.008.000	Упор	2	
		9	52ДП.060.009.000	Польовий подільник	1	
		10	52ДП.060.010.000	Башмак	2	
		11	52ДП.060.011.000	Редуктор	1	
		12	52ДП.060.012.000	Карданний вал	1	
		13	52ДП.060.013.000	Блок пружин	1	

					52ДП.060.000.000	
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розробив		Сухий В.О.			Косарка КРН-2,1М	Літ. / Лист 1 / Листів 1
Перевірив		Сокол С.П.				
Консультант					Загальний вид	ДДАЕУ
Н. контр.		Лепеть Є.І.				
Затвердив		Теслюк Г.В.				

52ДП.060.000.000.СК





ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

1. Пристрій підлягає динамічному балансуванню. Допустимий дисбаланс не більше 0,1 н·м.
2. Після збирання вузла провести змащування підшипникової опори прес-солідолом Ж ГОСТ 4366-79 через прес-масльонку (п.9).
3. Різниця маси ножів (п.3) не повинна перевищувати 10 гр.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	52ДП.060.000.000.СК		
Розроб.		Шуляк В.О.			Ротаційний різальний апарат	Літ.	Маса	Масштаб
Пров.		Сокол С.П.						1:2
Т.контр.						Лист	Листів
Н.контр.		Лапоть Е.І.			Складальне креслення	ДДАЕУ	
Утв.		Теслюк Г.В.					

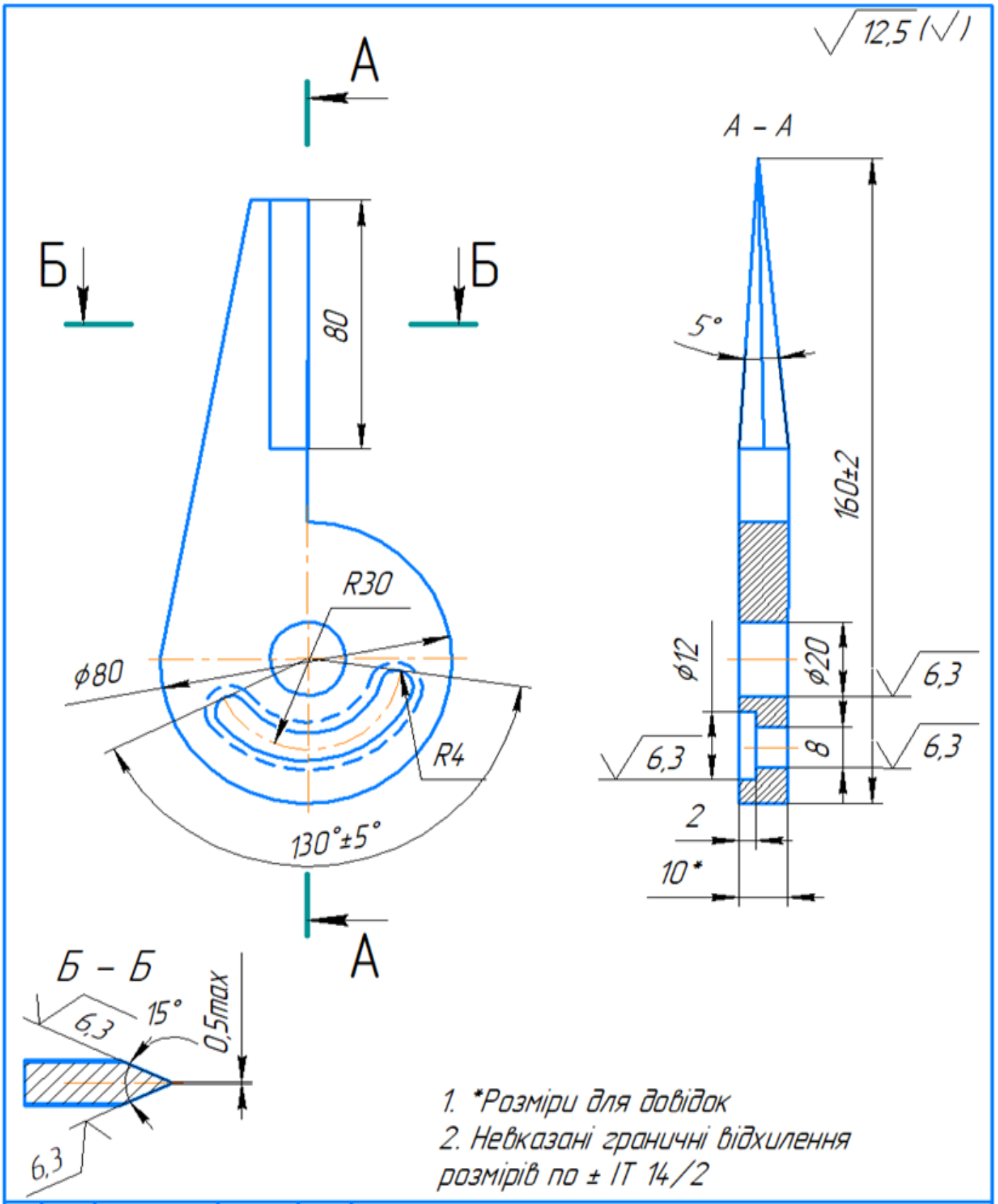
Копіював Формат А1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Прим
				Документація		
A1			52ДП060.006.000.СК	Складальне креслення		
				Деталі		
A4		1	52ДП060.006.001	Ніж	2	
		2	52ДП060.006.002	Папець	2	
		3	52ДП060.006.003	Пружина	2	
A2		4	52ДП060.006.004	Диск	1	
		5	52ДП060.006.005	Підшипникова обойма	1	
		6	52ДП060.006.006	Маточина	1	
A3		7	52ДП060.006.007	Вал	1	
		8	52ДП060.006.008	Кришка	1	
		12	52ДП060.006.009	Упорна шайба	1	
				Стандартні вироби		
		9		Маслянка 12.46	1	
				ГОСТ 19853-78		
		10		Підшипник кульковий	1	
				№208 ГОСТ 8338-75		
		11		Підшипник кульковий	1	
				№207 ГОСТ 8338-75		
		13		Підшипник роликовий	1	
				№7206 ГОСТ 333-79		

Зм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	52ДП060.006.000		
Розробив		Сухий ВО			Ротаційний різальний апарат	Літ	Лист 1 / Листів 2
Перевірив		Скоп ОП					
Консультант						ДДАЕУ	
Н контр.		Лапеть ЄІ.					
Затвердив		Теслюк ГВ.					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим
		14		Болт М8-8g х 20.66.029	1	
				ГОСТ 7798-70		
		15		Гайка М8 х 1,5-6Н5.029	1	
				ГОСТ 5916-70		
		16		Шайба 8.65Г.0.29	1	
				ГОСТ 6402-70		

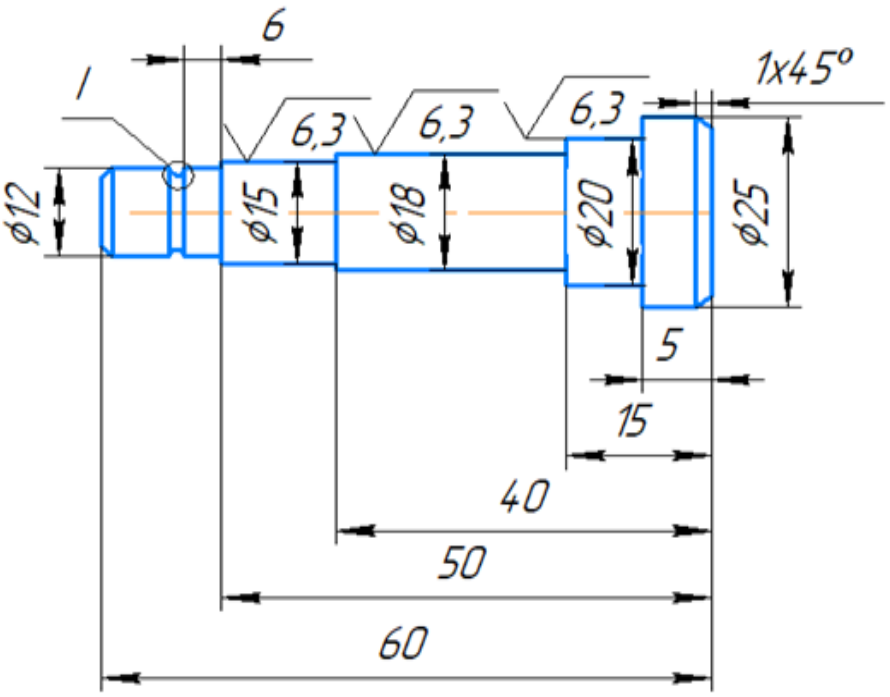
Зм	Лист	№ докум	Підп.	Дата	52ДП060.006.000	Лист 2



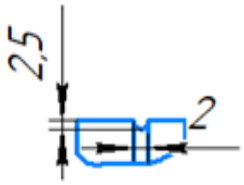
1. *Розміри для довідок
2. Невказані граничні відхилення розмірів по ± IT 14/2

					52ДП.060.000.006.001	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Ніж	Літ. / Маса / Масштаб: 1:2
Розробив		Сухий В.О.				
Перевір.		Сокол С.П.				Аркуш / Аркушів: 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Є.І.			Штаба 10-80 ГОСТ 103-76 / 65Г ГОСТ 14959-79	ДДАЕУ
Затвер.		Теслюк Г.В.				

√12,5 (√)

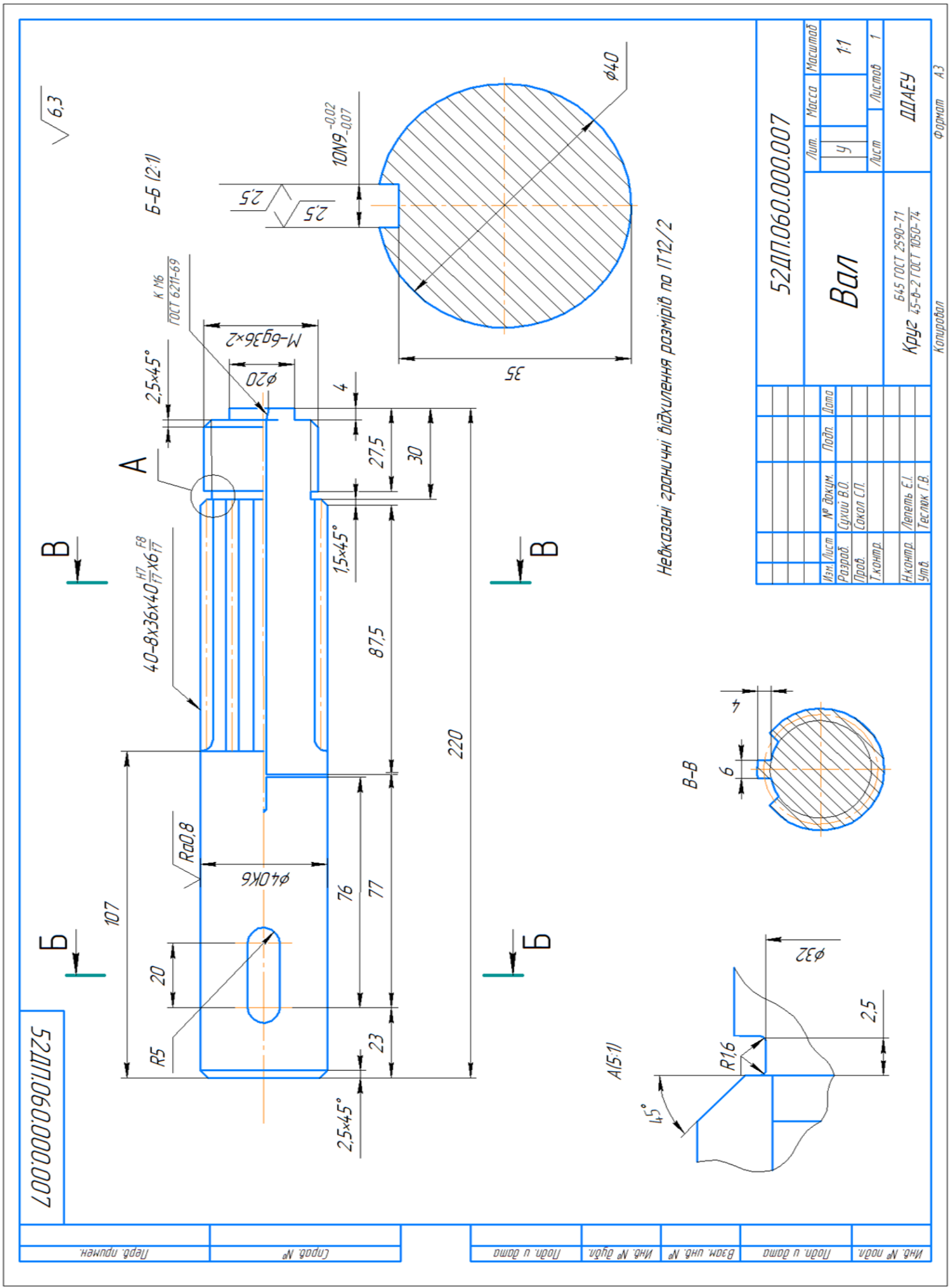


I (2:1)



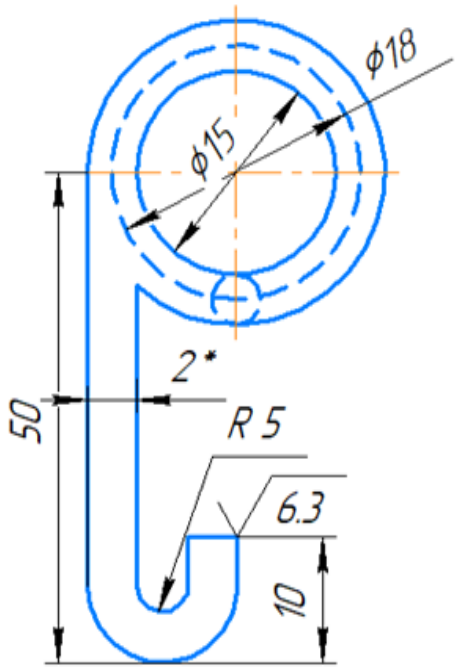
Невказані граничні відхилення розмірів ± IT 12/2

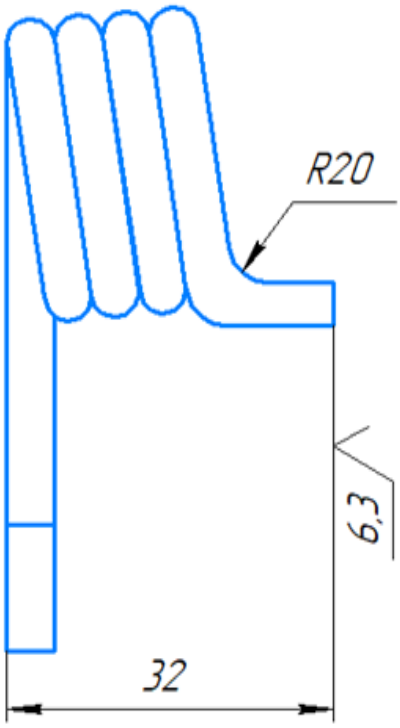
					52ДП.060.000.006.003		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вісь	Літ.	Маса / Масштаб 1:1
Розробив		Сухий В.О.					
Перевір.		Сокол С.П.				Аркуш	Аркушів 1
Т.контр.							
Н.контр.		Лепеть Е.І.			Круг 25-В ГОСТ2590-88 / 75-Б-ТГОСТ1051-73	ДДАЕУ	
Затвер.		Теслюк Г.В.					


52ДП.060.000.007
Вал
Сталь 45 ГОСТ 2590-71
Круг А-В-2 ГОСТ 1050-74
ДДАЕУ
Масштаб 1:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А3
Невказані граничні відхилення розмірів по IT12/2
Б-Б (2:1)
А (5:1)
В-В
40-8x36x40 H7/f7 x 6 F8/f7
M-6g36x2
К М6 ГОСТ 6211-69
2,5x45°
ф20
4
27,5
30
15x45°
87,5
220
ф40
ф40К6
Ra0,8
107
76
77
20
R5
23
2,5x45°
10N9 -0,02 -0,07
2,5
35
R1,6
45°
ф32
2,5
6

52ДП.060.000.006.007

(√)





1. * Розміри для довідок
2. Гострі кромки притупити R_{max} = 0,5.
3. Невказані граничні відхилення розмірів ± IT14/2

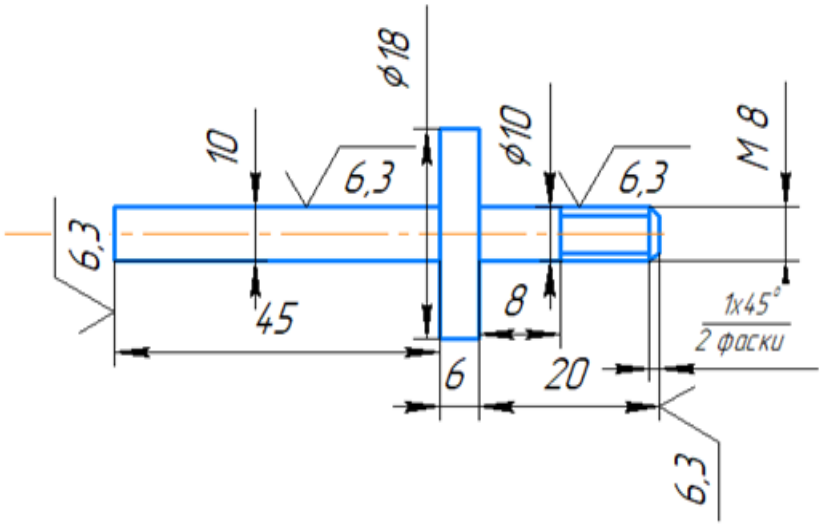
					52ДП.060.000.006.007	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пружина	Лит. / Масса / Масштаб 2:1
Разраб.		Сухий В.О.				
Пров.		Сокол С.П.				Лист / Листов 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Є.І.			Дріт Б-2-2ГОСТ9389-75 / 60С-2Б-4 ГОСТ 14959-79	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк Г.В.				

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал Формат А4

52ДП.060.000.006.008

$\sqrt{}$ 12,5 (√)



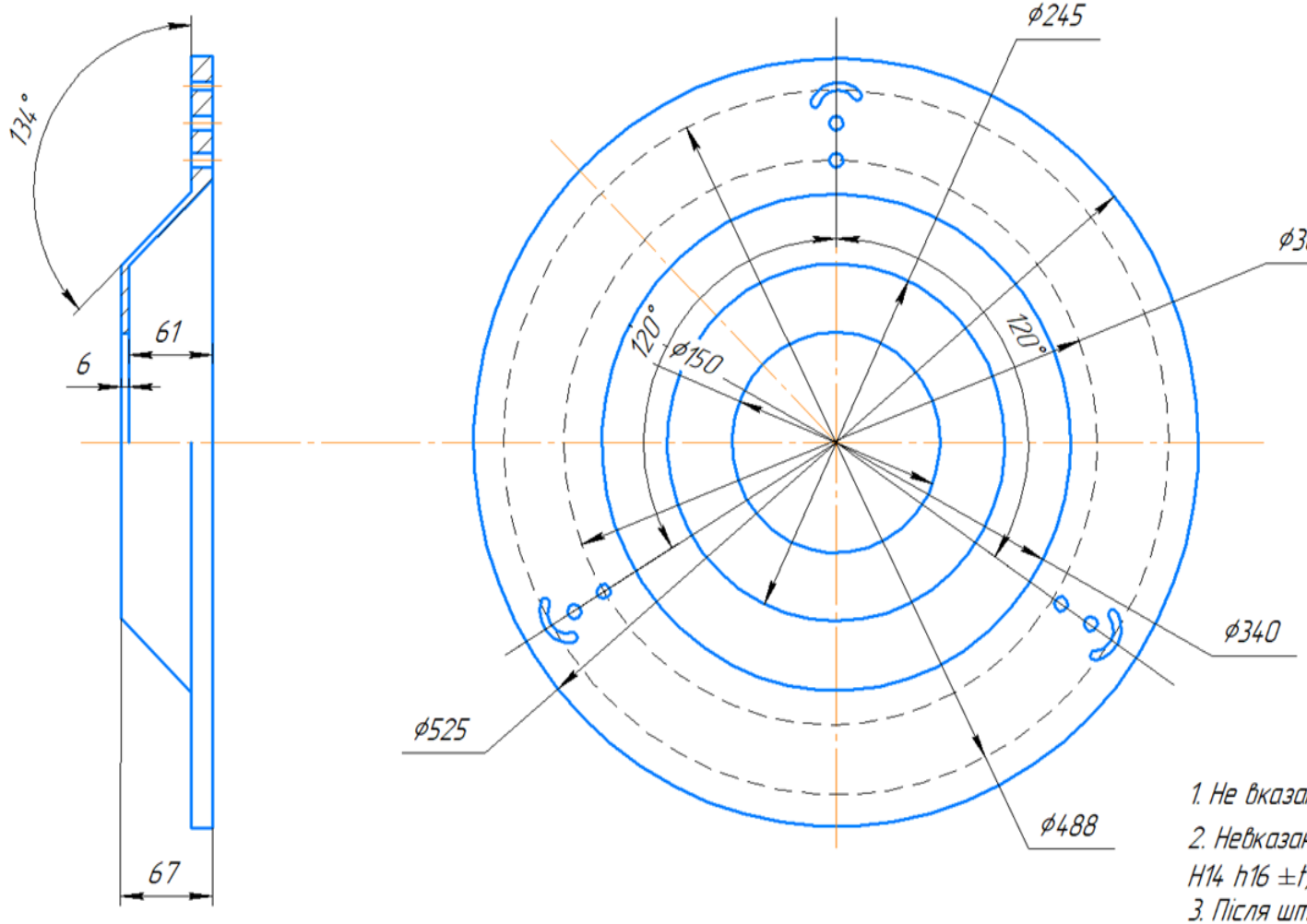
Невказані граничні відхилення розмірів по IT14/2

					52ДП.060.000.006.008	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Упор	Лит. / Масса / Масштаб: 2:1
Разраб.		Сухий В.О.				Лист / Листов: 1
Пров.		Сокол С.П.				
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Е.І.			Круг 20-В ГОСТ2590-88 / 45-БТ-ГОСТ1051-73	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк Г.В.				

Копировал — Формат А4

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

52ДП.060.000.006.004



1. Не вказані радіуси не більше 3 мм
2. Невказані граничні відхилення розмірів
H14 h16 ±t/2
3. Після штамповки виріб покрити грунтовкою ГФ-020 і емаллю КФ16 по ГОСТ16976-71

					52ДП.060.000.006.004		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Сухий В.О.			Диск	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Сокол. С.П.				У		1:2
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Лепеть Є.І.			Лист х/к Б-ПН-О-30 ГОСТ19903-74 Ст3 Гсп ГОСТ14637-89	ДДАЕУ	
Утв.		Теслюк Г.В.					

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
Обсяг роботи, га	400	400
Годинна продуктивність, га/год.	2,2	2,8
Витрати палива на 1 га, кг	0,6	0,4
Балансова вартість агрегату, грн.:		
трактора	600000	600000
косарки	40000	45000
Всього:	640000	645000
Нормативне навантаження, год.	181,8	172,8
Експлуатаційні витрати на 1 га, грн. всього:	835,98	827,85
в т.ч. заробітна плата з нарахуваннями, грн.	31,94	25,09
амортизаційні відрахування, грн.	489,7	491,4
вартість ПММ, грн.	51	34
витрати на ТО, ПР, КР, зберігання, грн.	239	253,25
інші витрати.	24,34	24,11
Капітальні вкладення на 1 га, грн.	1600	1612,5
Приведені витрати на 1 га, грн.	1076	1069,7
Річний економічний ефект, грн.	-	2520
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	-	1,98