

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

“ _____ ” 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему.

«Удосконалення подрібнювачів рослинних решток з обґрунтуванням
параметрів ножів»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ(СМ)-21(1.9)

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____Халізов Дмитро Сергійович

« _____ » 2023 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Дмитро БОГАТИРЬОВ

« _____ » 2023 р.

Рецензент _____

професор, докт.техн.наук

_____Микола МОРОЗ

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Халізов Дмитро Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення подрібнювачів рослинних решток з
обґрунтуванням параметрів ножів

2. Керівник роботи Богатирьов Дмитро Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01 травня 2023 року

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності
подрібнення рослинних решток на заданий розмір із найменш можливими
витратами енергетичних ресурсів.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Богатирьов Д.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	До 1.05.23 р.	
2	Інженерна частина	20.04.2023 р.	
3	Наукова частина	27.04.2023 р.	
4	Охорона праці	28.04.2023 р.	
5	Економічна частина	28.04.2023 р.	
6	Висновок	28.04.2023р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист роботи		

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Богатирьов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

Халізов Д.С.
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
			МПОК 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Документація по</u>		
				<u>другій частині</u>		
				Заново розроблена		
A1			КПА 00.002 ТЧ	Технологічна карта на		
				Вирощування кукурудзи	1	
A1			КПА 00.003 ТЧ	Операційна карта	1	
				<u>Документація по</u>		
				<u>Інженерній частині</u>		
A0			КПА 00.000 СБ	Коток-подріднювач КП-4.5	1	
A1			КПА 03.000 СБ	Коток-подріднювача	1	
A3			КПА 07.208	Тримач	1	
A3			КПА 06.003	Пружина	1	
A4			КПА 07.043	Пластина	1	
A3			КПА 03.601	Ніж	1	
A4			КПА 06.613	Вісь	1	
				КПА 00.000 ВП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість випускної роботи	
Розроб.		Халізов				
Перев.		Богатирьов				
Н. контр.		Осипов				
Затв.		Свіренко			ЦНТУ, гр. А118-ЗСК	

Літ.	Лист	Листів
	1	2

ВСТУП

Більшість вітчизняних виробників спалюють рослинні рештки безпосередньо у полі, що призводить до втрати азоту, вуглеводів та погіршення мікрофлори ґрунту. А тим часом закордонні виробники продукції АПК, протягом останніх десятиліть, активно використовують незернову частину сільськогосподарських культур для підвищення родючості з одночасним збереженням та накопиченням цінних у агротехнічному відношенні агрегатів в гумусовому шарі ґрунту. Технічне забезпечення даних процесів покладається на спеціальні машини – подрібнювачі рослинних решток (ПРР). В останні роки Україну заповнили нетрадиційні, а в ряді випадків і невідомі до цього часу для працівників села технології виробництва продукції рослинництва [1]. Розпочалися зміни з використання імпортних комбайнів, які залишали на полях практично всю незернову частину врожаю. Такі прийоми дозволили підвищити продуктивність процесів збирання, скоротити загальні терміни жнив, але виникла проблема подальшої переробки рослинних решток. Для наших виробників найбільш простим шляхом її вирішення виявилось масове використання дискових ґрунтообробних знарядь. Як результат – руйнування структури поверхневих родючих шарів ґрунту, змінання цінних у агротехнічному відношенні агрегатів, переведення їх в пиловидний безструктурний стан, переущільнення нижніх шарів ґрунту, порушення процесів аерації і інфільтрації, зниження запасів продуктивної вологи в нижніх горизонтах [2]. За кордоном в таких випадках використовують спеціальні машини – подрібнювачі рослинних решток (ПРР) [1, 3]. Метою даної роботи є спроба удосконалення конструкції котка-подрібнювача.

					КПА 00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Халзов			Вступ				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Богатирьов								5	1
									ЦНТУ,		
Н.контр.		Мачок							гр. ГМ(СМ)-21М(1.9)		
Затв.		Лещенко									

Зміст

стор.

1. Вступ.....	
2. Наукова частина	
3. Інженерна частина.....	
4. Охорона праці.....	
5. Економічна частина.....	
6. Висновки... ..	
Список використаної літератури	
Додатки	

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

Подрібнювачі рослинних решток на поверхні поля після збирання врожаю є машинами, використання яких широко запроваджується в цивілізованих країнах, як невід’ємна операція в загальній ґрунтозахисній, енергозберігаючій технології виробництва продукції рослинництва. В Україні аналогічною до подрібнення є операція дискування, в більшості, важкими дисковими боронами, забороненими до використання в США, Канаді взагалі, як знаряддя, що знищують структуру ґрунтів. Корисливе ж ставлення до ґрунтів людьми, які їх експлуатують і не дбають про їх майбутнє, гальмує запровадження сучасних технологій в галузі рослинництва. Тому подрібнювачі рослинних решток залишаються для нашого сільськогосподарського виробника незрозумілими і рідкісними представниками даного сімейства машин на українських полях. А користь від даних машин беззаперечна, саме за їх допомогою можна підготувати стан поля для подальшого обробітку за будь якою технологією без шкідливого для ґрунтів переущільнення, а головне – перерозпушування і руйнування структури, відновлення якої потребує багатьох десятиліть.

Подрібнення та рівномірний розподіл рослинних решток є першорядним завданням в системі забезпечення раціональних способів обробітку ґрунту. На підставі аналізу існуючих конструкцій котків-подрібнювачів та дослідних зразків окремих їх секцій і результатів випробування науковцями кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ розроблена удосконалена конструкція машини (рис. 2.1). аналогічного призначення, яка досить позитивно зарекомендувала себе у виробничих умовах аграрних підприємств Кіровоградської області. Машина має жорстку центральну раму поєднану в одне ціле з причіпним пристроєм 1 (рис. 2.2). До рами шарнірно, з метою копіювання поверхні поля в поперечному напрямку, приєднані два бічних роторних барабани з ножами. У вертикальне положення дані барабани переводяться гідроциліндрами 6. Задній барабан 3 з’єднаний з рамою жорстко. При поворотах в кінці гонів чи

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

транспортуванні по полях на невеликі відстані коток переводиться в транспортне положення завдяки гідравлічному механізму 5 з двома опорними колесами.



Рис.2.1. Коток-подрібнювач рослинних решток КП-4,5

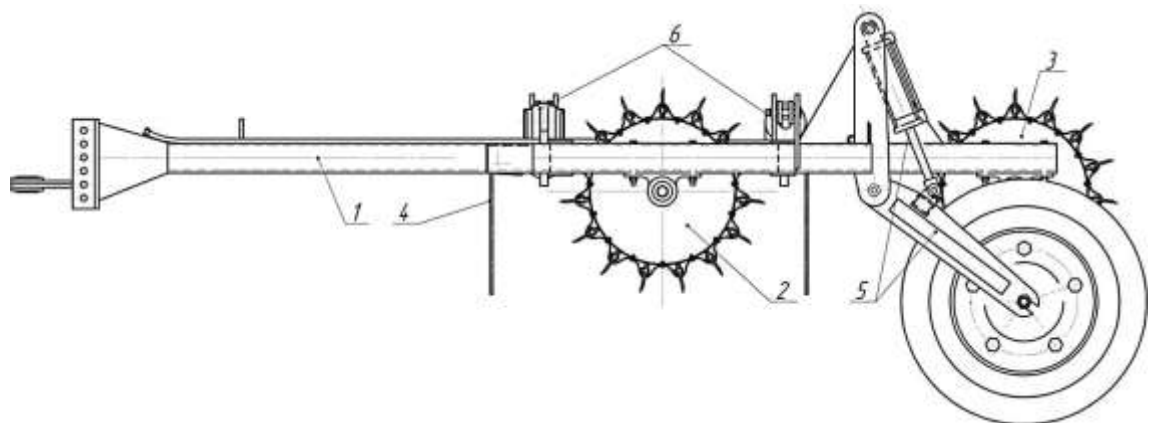


Рис.2.2. Схема котка-подрібнювача рослинних решток КП-4,5

(Вигляд збоку):

1 – причіпний пристрій; 2 – передні роторні барабани; 3 – задній роторний барабан; 4 – граблі напрямники рослинних решток;

5 – механізми переведення котка в транспортне положення;

6 – гідравлічні циліндри переведення бічних котків в транспортне положення

Штоки гідроциліндрів через перемичку на вилках підкочують колеса під основну раму і підіймають всю конструкцію. Повернення в робоче положення машини відбувається під дією власної ваги. Величина перекриття ширини захвату передніх барабанів заднім становить 50 мм. Ширина захвату одного барабана – 1500 мм, діаметр барабана по краю лез – 1100 мм. Ширина ножової полоси 150 мм. Ножі змінні і закріплюються до упорів на

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		4

циліндричній поверхні барабана болтовими з'єднаннями. Відстань між ножами по діаметру барабана, а отже і задана довжина подрібнених рослинних решток становить 17 см. З метою покращення рівномірності подрібнення рослинних решток конструкція котка обладнана граблинами-напрямниками 4 (рис. 3.4), які складаються з валу 1 та пружинних пальців 2. Передбачене регулювання положення пальців у вертикальній площині дозволяє змінювати активність їх впливу на рослинні рештки і орієнтувати їх перпендикулярно до дії ножів. Таким чином і забезпечується краща рівномірність подрібнення.

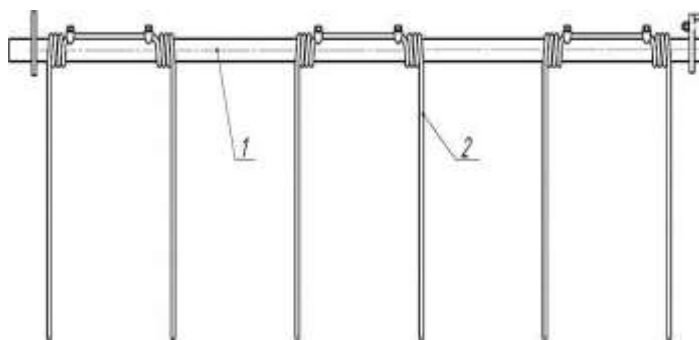


Рис. 2.4. Граблини-напрямники котка-подрібнювача КП-4,5

Перебивання рослинних решток відбувається за принципом підпорного різання. Функцію опори в даному випадку виконує ґрунт. Очевидно, що для виконання даного процесу необхідна значна маса машини. Конструктивна маса котка становить 3,1 т, але для якісного подрібнення стебел кукурудзи і такої маси не завжди достатньо. Тому передбачена можливість заповнювати порожнину циліндрів ножових барабанів водою і доводити їх експлуатаційну масу до 5 т.

Кількість ножів на одному барабані – 15. Тиск, з яким він діє на рослинні рештки, становить понад 1,2 т. Коток здатний працювати на швидкостях до 25 км/год і забезпечувати експлуатаційну продуктивність до 10 га/год. Подрібнювачі рослинних решток представлених груп мають ряд позитивних і негативних властивостей. Машини з приводом робочих органів забезпечують подрібнення рослинних решток без контакту з ґрунтом і не

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

руйнують його структуру, але вони мають досить складну конструкцію та потребують значних затрат енергії на привід робочих органів і не подрібнюють рослинні рештки, які лежать на поверхні поля.

Котки-подрібнювачі мають досить просту конструкцію, але є занадто металомісткими, без чого вони не можуть виконувати технологічний процес. При цьому вони мають негативний вплив – руйнування структури поверхневих шарів ґрунту, але інтенсивність їх порівняно з процесами дискування, які використовуються до даного часу і будуть використовуватися до насичення виробництва спеціальними подрібнювачами, значно менша. Отже, цілком імовірним є ефективне використання котків-подрібнювачів, як мінімум, при подрібненні рослинних решток після збирання соняшнику. Враховуючи те, що під вирощування даної культури в Україні відводяться досить великі площі, то розробка конструкцій вітчизняних котків-подрібнювачів є цілком актуальною. Найбільш конструктивно простими у виготовленні та експлуатації є подрібнювачі з горизонтальною віссю обертання робочих органів. А особливо ті, що мають у якості робочого органу барабан (циліндр) з ножами. Цей тип ПРР в нашій країні представлено фірмою «DAL-BO» (ЄЕС-Канада-США) та багатьма іншими (рис. 2.2). Але й вони потребують глибокого аналізу і удосконалення.

1. Для досягнення максимального використання власної ваги ПРР з горизонтальною віссю обертання з активними робочими органами без приводу конструкція рами, зчіпки та транспортних коліс повинна мати необхідні механізми, які дозволять спрямувати результуючу силу ваги на те лезо ножа, що виконує різання.

2. Встановити раціональну схему розташування, кількість та орієнтацію ножів на барабані.

3. Особливої уваги потребує встановлення раціональних параметрів леза ножа, що дозволить використовувати принцип «самозагострення» з

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

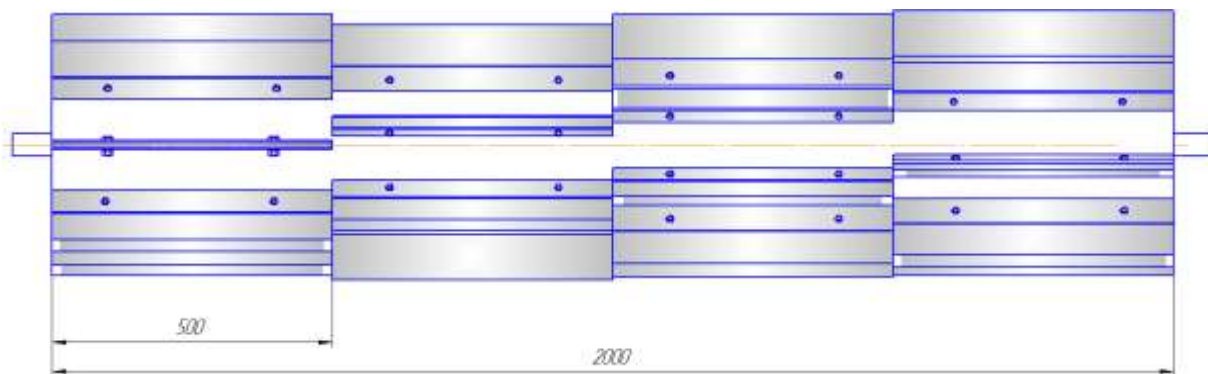
урахуванням фізико-механічних властивостей частинок ґрунту і рослинних решток при їх взаємодії.

4. Введення в конструкцію котка елементів орієнтації рослинних решток в просторі з метою підвищення рівномірності та якості подрібнення.

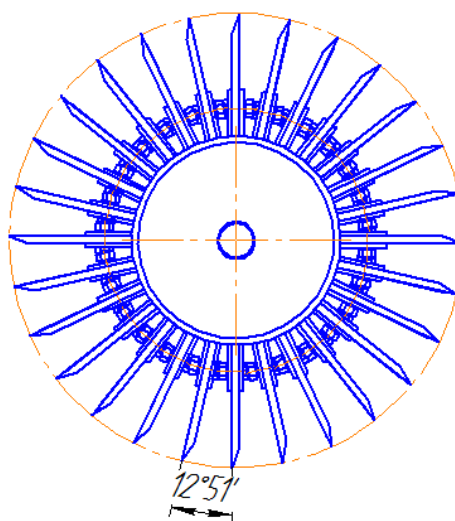
Наведений аналітичний огляд подрібнювачів дозволив встановити загальні шляхи вдосконалення існуючих конструкцій подрібнювачів для раціонального використання на території України. Шляхи вдосконалення роботи подрібнювача з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу. Розробка належить до галузі сільськогосподарського машинобудування і може бути використаний для подрібнення рослинних решток кукурудзи, соняшнику, ріпаку, овочів, інших культур та рослин з одночасним розпушуванням поверхневих шарів ґрунту. Подрібнювачі рослинних решток, які включають водоналивний коток з подрібнюючими ножами та раму зі сницею відомі [1-3]. Вони використовуються для подрібнення рослинних решток після збирання попередника на полях, де застосовують технології мінімального обробітку ґрунту. Довжина подрібнених рослинних решток залежить від кроку розташування ножів на барабані та їх орієнтації відносно напрямку руху подрібнювача. Недоліками таких подрібнювачів є те, що водоналивний коток не надає достатнє зусилля для різання рослинних решток. Наявність на полі рослинних решток, які перевищують розміри у відповідності до агротехнічних вимог, погіршує якість наступної сівби, що в кінцевому результаті призводить до зниження врожайності. В основу винаходу поставлена задача підвищення ефективності подрібнення рослинних решток за рахунок зміни довжини та способу розташування ножів на поверхні барабану котка-подрібнювача.

Поставлена задача вирішується тим, що ножі розташовано на поверхні барабану таким чином, щоб зменшити кількість пропусків необробленої поверхні поля. На рис. 3.4 показаний удосконалений робочий орган котка-подрібнювача рослинних решток.

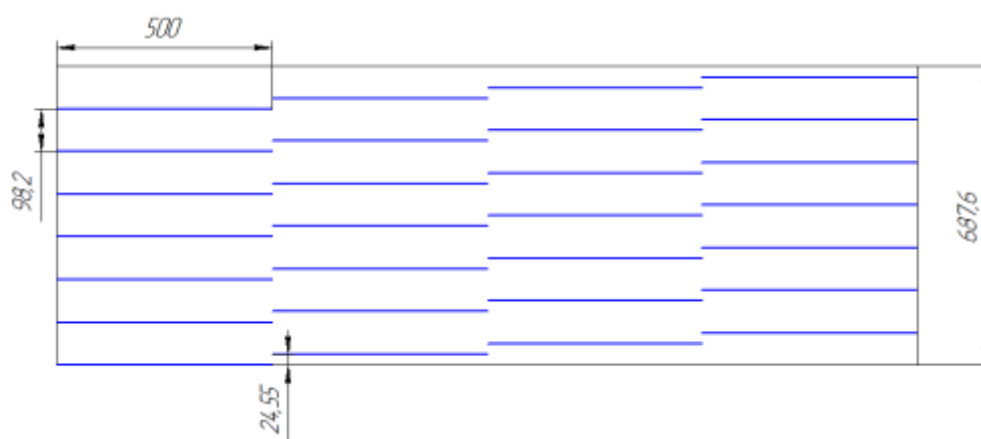
					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



а



б



в

Рис. 2.4. Модернізований робочий орган:

а – головний вигляд; б – вигляд з боку;

в – розгортка розташування ножів на поверхі барабана.

Переваги запропонованої конструкції подрібнювача рослинних решток:

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		8

- якісне подрібнення рослинних решток у відповідності до агротехнічних вимог покращення якості сівби і як наслідок підвищення врожайності;
- зменшення ваги подрібнювача;
- зменшення витрат палива.

2.2. Аналітичний спосіб визначення енергетики процесу подрібнення рослинних решток

2.2.1. Визначення тягового опору технічних засобів для подрібнення рослинних решток з горизонтальною віссю обертання безприводних робочих органів

Питання визначення тягового опору технічних засобів для подрібнення рослинних решток з горизонтальною віссю обертання безприводних робочих органів потребує побудови відповідної математичної моделі. Одним з показників раціонального використання сільськогосподарського знаряддя є його енергоефективність. Для технічних засобів для подрібнення рослинних решток з горизонтальною віссю обертання безприводних робочих органів необхідно визначити тяговий опір.

Існуючі способи визначення тягового опору сільськогосподарських знарядь розроблені на основі наукових праць акад. В.П. Гарячкіна. Але для подрібнювачів рослинних решток з горизонтальною віссю обертання безприводних робочих органів взагалі відсутні.

В нашому випадку пропонується розглянути визначення тягового опору як компромісну задачу: визначення раціональної ширини захвату агрегату в залежності від тягового опору робочих органів (котків з лезами) для сталого режиму роботи, тобто досягненням ним необхідної швидкості для виконання процесу подрібнення відповідно до агротехнічних вимог.

Основним робочим органом технічних засобів з горизонтальною віссю обертання є коток з лезами, що рухається поверхнею поля з хаотично

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

похиленими до горизонту рослинними рештками і набуває значної інерційності.

Розглянемо динаміку руху механічної системи (трактор з котком-подрібнювачем) для визначення раціональної ширини захвату агрегату.

Перед розробкою моделі приймаємо наступні припущення:

- агрегат рухається зі сталою швидкістю, яка необхідна для виконання процесу подрібнення відповідно до агротехнічних вимог;
- агрегат рухається горизонтально;
- у вертикальній площині рівновага агрегату забезпечена дією вертикальних складових реакцій ґрунту на лезах котків компенсується власною вагою;
- питомий опір різанню рослинних решток є однаковим;
- питомий опір ґрунту є сталим;
- повітряний потік направлено проти ходу агрегату і паралельно горизонту.

Під час поступового руху котка-подрібнювача по горизонтальній поверхні на нього діють сили: тяжіння котка G_k , Н; тягового зусилля від трактора P_t , Н; опору рослинних решток подрібненню P , Н; опору ґрунту переміщенню котка з лезами, P_r Н; опору повітря P_c , Н.

Використаємо рівняння Лангранжа другого роду для складання диференційного рівняння руху котка-подрібнювача:

$$Q_x = \frac{d}{dt} \left(\frac{dE_k}{dx} \right) - \frac{dE_k}{dx},$$

де E_k – кінетична енергія системи, Дж;

x – узагальнена координата, м.

Кінетичну енергію E_k визначимо за теоремою Кеніґа

$$E_k = \frac{m_k \cdot v_k^2}{2} + \frac{I_k \cdot \omega^2}{2},$$

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

де m_k – маса котка-подрібнювача, кг;

v_k – швидкість руху котка-подрібнювача, м/с;

I_k – момент інерції обертання рухомих вузлів котка-подрібнювача, кг·м²;

ω^2 – кутова швидкість обертання відносно центра мас, с⁻¹.

З урахуванням конструктивних особливостей представимо кінетичну енергію наступним виразом:

$$E_k = j \cdot E_6 + E_1, \quad (25)$$

де E_6 – кінетична енергія робочого органу котка з лезами, Дж;

E_1 – кінетична енергія частин котка-подрібнювача, яка рухається поступово, Дж;

j – кількість робочих органів, шт.

Підставляючи значення E_6 та E_1 вираз отримає вигляд:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \left(j \cdot m_6 + m_1 + \frac{I_6}{r_6^2} \right) \cdot \dot{x}^2 = \frac{1}{2} \cdot k_1 \cdot \dot{x}^2, \quad (26)$$

де m_6 – маса робочого органу котка з лезами, кг;

m_1 – маса котка-подрібнювача, яка рухається поступово, кг;

I_6 – момент інерції обертання котка з лезами, кг·м²;

r_6 – радіус котка з ножами, м;

$$k_1 = m_6 + m_1 + \frac{J_6}{r_6^2}$$

Після диференціювання отримаємо

$$\frac{\partial E_k}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}} = k_1 \dot{x}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{x}} \right) = k_1 \ddot{x}.$$

Приймаємо наступні обмеження для системи:

– коток-подрібнювач під час руху має одну ступінь вільності;

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

– вважаємо, що нерухома горизонтальна вісь поверхні поля якою рухається агрегат є узагальненою координатою системи.

Виражаємо роботу сил, які діють під час переміщення котка (δx) по поверхні поля

$$A_x = P_T \cdot \delta x - k \cdot \delta x (P_c + P + P_T) \quad (2.13)$$

де P_T – зусилля, що передається від трактора, Н;

P – сила опору рослинних решток подрібненню, котком з лезами Н;

P_T – сила опору ґрунту переміщенню котка з лезами, Н;

P_c – сила опору повітря переміщенню котка з лезами, Н;

k – кількість котків з лезами на подрібнювачеві, шт.

Для подальшого визначення роботи необхідно встановити аналітичні залежності складових рівняння (27).

Виконуючи процес подрібнення барабан з ножами чинить опір повітрю за аналогією з лопатевим колесом. Потік повітря наближаючись до барабану деформується та огинає його поверхню. Необхідність врахування опору повітря полягає у тому, що агрегат рухається у діапазоні швидкостей 18-24 км/год.

Опір повітря, що виникає під час роботи котка-подрібнювача є прямопропорційним швидкостям руху агрегату та повітря.

Для точного визначення тягового опору котка-подрібнювача необхідно враховувати зусилля на подолання сили опору повітря. У відомих роботах [6-7] цьому питанню не приділено уваги. Вперше запропоновано враховувати опір повітря Х. Тагаєвим [8-9] для знаряддя, що знешкоджує бур'яни у рисових чеках.

Мета дослідження полягає у теоретичному визначенні проекції висоти перетину барабана на точність опису подолання ним сили опору повітря.

Експериментально визначений діапазон швидкостей від 15 до 24 км/год враховує особливості роботи котка-подрібнювача у польових умовах, а саме

рух агрегата на схилах-підйомах, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині [4]. При таких значеннях швидкості руху доцільно враховувати силу опору повітря.

Розглянемо висоту b_ϕ перетину півбарабана з ножом при значеннях кута $-\frac{\beta}{2} \leq \phi \leq \frac{\beta}{2}$ (рис. 3.3).

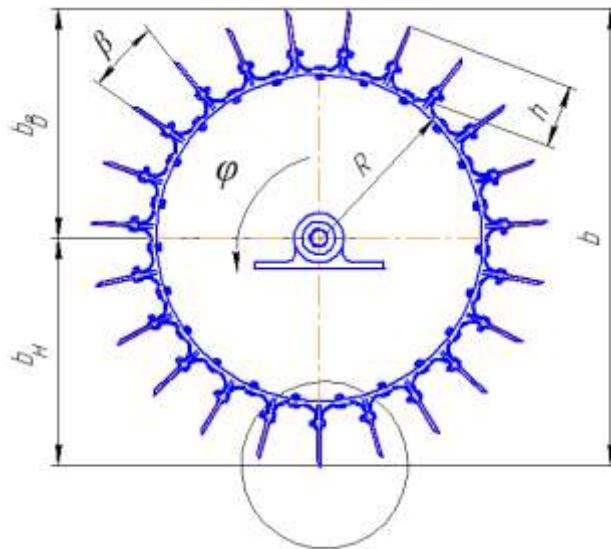


Рис. 2.3 Схема розташування ножів:

β - кут між ножами, $\beta = \frac{2 \cdot \pi}{z}$;

b - проекція висоти перетину півбарабана з ножом на вісь OY .

Визначаємо проекцію висоти b_ϕ в залежності від кута ϕ якщо $b_\phi \geq R$,

$$b_\phi = (h + R) \cdot \cos \phi, \quad (2.14)$$

де R – радіус барабану, м;

h – висота ножа, м.

Під час роботи котка-подрібнювача при деякій кількості ножів z може виникнути випадок, коли поверхню барабану видно за ножів $b_\phi < R$ (рис. 3.3), то приймається $b_\phi = R$.

Розглянемо випадки при парному та не парному значенні кількості ножів z .

При парній кількості ножів значення проекції висоти b_{ϵ} на вісь OY набуває значення $b_{\pi} = b_{\epsilon}$.

Розглянемо випадок з непарною кількістю ножів на барабані котка.

При не парній кількості ножів: $b_{\pi} = (h + R) \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2} - \varphi\right)$, при $0 \leq \varphi \leq \frac{\beta}{2}$;

$b_{\pi} = (h + R) \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2} + \varphi\right)$, при $-\frac{\beta}{2} \leq \varphi \leq 0$.

Отже маємо загальний вираз для визначення проекції висоти перетину півбарабана з ножем при $-\frac{\beta}{2} \leq \varphi \leq \frac{\beta}{2}$:

$$b_{\pi} = (h + R) \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2} - |\varphi|\right). \quad (29)$$

Аналогічно, під час роботи котка-подрібнювача при деякій кількості ножів z може виникнути випадок, коли поверхню барабану видно за ножів $b_{\pi} < R$, то приймається $b_{\pi} = R$.

Конструктивно на барабан котка-подрібнювача ножі встановлюються таким чином, щоб випадок коли $b_{\epsilon} < R$ та $b_{\pi} < R$ був не можливим.

В загальному випадку для парної та не парної кількості ножів z проекція висоти перетину барабану з ножами буде визначатись:

$$b(\varphi) = (h + R) \cdot \left(\frac{3 - (-1)^{z+1}}{2} \cdot \cos(\varphi) + \frac{1 - (-1)^z}{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{z} - |\varphi|\right) \right), \quad (30)$$

де значення кута в межах $-\frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z}$.

Для подальших розрахунків використовувати формулу (27) не доцільно. Із-за неможливості встановлення початкового кутового положення барабана з ножами, а необхідні довизначення з урахуванням похибок розрахунку дають можливість ввести еквівалентну проекцію висоти його перетину.

Визначаємо еквівалентну висоту $b_{ек}$ для

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$b_{ек} = \frac{z}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{\frac{\pi}{z}}^{\frac{\pi}{z}} b(\varphi) d\varphi \quad (31)$$

Для парної кількості ножів

$$b_{ек} = \frac{z}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{\frac{\pi}{z}}^{\frac{\pi}{z}} b(\varphi) d\varphi = \frac{2 \cdot z \cdot (R + h)}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right). \quad (32)$$

Знайдемо відносну похибку δ , яка формується в результаті врахування еквівалентної проекції висоти перетину барабана з ножами за один повний оберт.

Функція $\cos\left(\varphi - \frac{\pi}{2 \cdot z}\right)$ при $-\frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq 0$ зростає до найбільшого значення на границі при $\varphi = 0$.

Розглянемо при оберті барабану на один ніж $-\frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z}$ для парної кількості ножів

$$\frac{b(\varphi)}{b_{ек}} = \frac{2 \cdot (R + h) \cdot (\cos \varphi)}{\frac{2}{\pi} \cdot (R + h) \cdot z \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} = \frac{\pi \cdot \cos(\varphi)}{z \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)},$$

$$\text{де } -\frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z}.$$

Найбільше значення похибки δ при обертанні барабану при значеннях кута $\varphi = -\frac{\pi}{z}$ та $\varphi = \frac{\pi}{z}$, становить

$$\delta = \left| 1 - \frac{\pi \cdot \cos \frac{\pi}{z}}{z \cdot \sin \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{\pi}{z} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\pi}{z} \right| \cdot 100\%. \quad (33)$$

Оцінимо похибку, точності визначення сили, як результат введення $b_{ек}$

для не парної кількості ножів при $-\frac{\pi}{z} \leq \varphi \leq 0$

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{b(\varphi)}{b_{ек}} = \frac{(R+h) \cdot \left(\cos \varphi + \cos \left(\frac{\pi}{z} + \varphi \right) \right)}{\frac{2}{\pi} \cdot (R+h) \cdot z \cdot \sin \left(\frac{\pi}{z} \right)} = \frac{\pi \cdot \cos \left(-\frac{\pi}{2 \cdot z} \right) \cdot \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{2 \cdot z} \right)}{z \cdot \sin \frac{\pi}{z}}.$$

При $0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{z}$

$$\frac{b(\varphi)}{b_{ек}} = \frac{(R+h) \cdot \left(\cos \varphi + \cos \left(\frac{\pi}{z} - \varphi \right) \right)}{\frac{2}{\pi} \cdot (R+h) \cdot z \cdot \sin \left(\frac{\pi}{z} \right)} = \frac{\pi \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2 \cdot z} \right) \cdot \cos \left(\varphi - \frac{\pi}{2 \cdot z} \right)}{z \cdot \sin \frac{\pi}{z}}.$$

Найбільше значення похибки δ буде при обертанні барабану при значеннях кута $\varphi = -\frac{\pi}{z}$, $\varphi = 0$ та $\varphi = \frac{\pi}{z}$:

$$\delta = \left| 1 - \frac{\pi \cdot \cos^2 \frac{\pi}{2 \cdot z}}{z \cdot \sin \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{\pi}{2 \cdot z} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\pi}{2 \cdot z} \right| \cdot 100\%. \quad (34)$$

Визначимо похибку δ_T , що вноситься невизначеністю початкового кутового положення барабану з ножами при використанні точного визначення проекції висоти перетину b .

Для парної кількості ножів

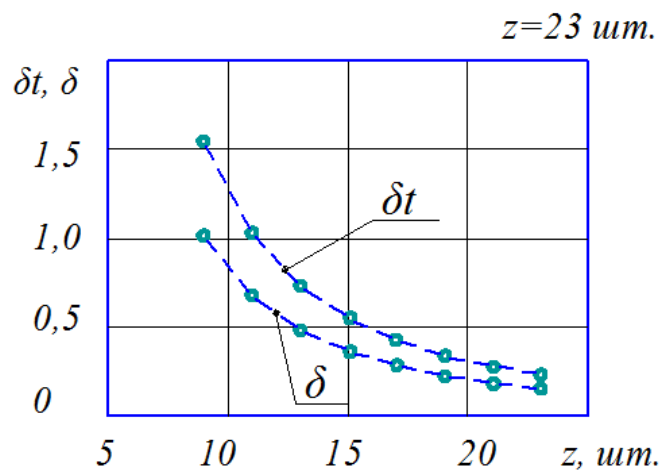
$$\delta_T = \left| 1 - \frac{2 \cdot (h+R) \cdot \cos 0^\circ}{2 \cdot (h+R) \cdot \cos \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{1}{\cos \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\%. \quad (35)$$

Для непарної кількості ножів

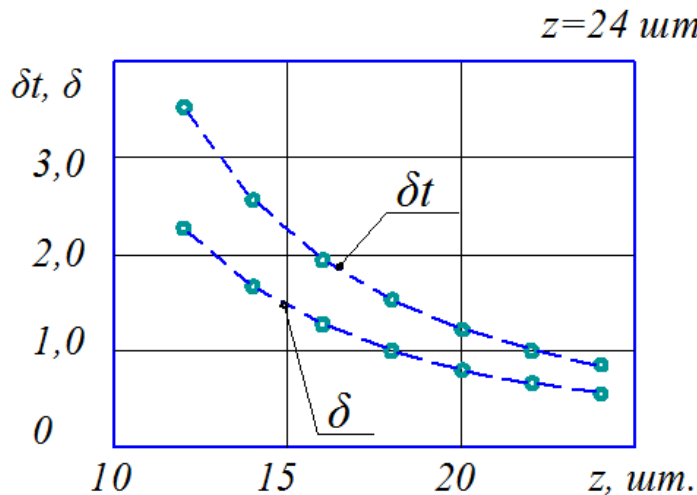
$$\delta_T = \left| 1 - \frac{(h+R) \cdot \left(\cos \varphi_{\max} + \cos \left(\frac{\pi}{z} - |\varphi_{\max}| \right) \right)}{(h+R) \cdot \left(\cos \varphi_{\min} + \cos \left(\frac{\pi}{z} - |\varphi_{\min}| \right) \right)} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{1}{\cos \frac{\pi}{2 \cdot z}} \right| \cdot 100\%, \quad (36)$$

де $\varphi_{\min} = 0 = -\frac{\pi}{z}$, $\varphi_{\max} = -\frac{\pi}{2 \cdot z}$.

Графічні інтерпретації (рис. 2.4) результатів досліджень впливу врахування еквівалентної проекції висоти $b_{ек}$ на точність опису сили опору повітря барабана з ножами показали, що відносна похибка зменшується у 1,5 рази, що пояснюється виключенням впливу невизначеності початкового кутового положення барабану і становить: для непарної кількості ножів $\delta = 1\%$, $\delta_T = 1,6\%$; для парної кількості ножів ($z=24$ шт.) ($z=23$ шт.) $\delta = 2,2\%$, $\delta_T = 3,5\%$.



а



б

Рис. 2.4. Залежність відносних похибок δ та δ_T від кількості ножів z :

δ – похибка, яка формується в результаті введення $b_{ек}$ еквівалентної проекції висоти барабана з ножами;

δ_T – похибка, яка формується в результаті невизначеності початкового кутового положення проекції висоти барабана з ножами;

a – непарна кількість ножів ($z=11\ldots 23$ шт.);

b – парна кількість ножів ($z=10\ldots 24$ шт.).

Враховуючи формули (32-33) зусилля на подолання опору повітря можна визначити як

$$P_c = k \cdot k_0 \cdot L_n \cdot b_{ек} \cdot (\mathcal{G}_0 - \mathcal{G}_{агр})^2, \quad (37)$$

де k – кількість барабанів з ножами на котку-подрібнювачі, шт.;

k_0 – коефіцієнт, що враховує тип середовища;

L_n – довжина леза ножа, м;

$\mathcal{G}_0$ – швидкість вітру, м/с;

$\mathcal{G}_{агр}$ – швидкість агрегату, м/с.

Для подальшого визначення тягового опору котка-подрібнювача при значеннях швидкості руху від 15 до 24 км/год доцільно враховувати силу опору повітря. Так як робочим органом є барабан з ножами, то необхідно враховувати зміну його площі проекції на площину перпендикулярну руху агрегата. Тому можливість теоретичного визначення еквівалентної проекції висоти в залежності від кутового положення та кількості ножів дозволить встановити значення зусилля на подолання сили опору повітря котком-подрібнювачем. Наведені дослідження є основою для створення рівняння щодо визначення тягового опору безприводних подрібнювачів рослинних решток з горизонтальною віссю обертання робочих органів і потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів котка-подрібнювача.

2.2.2. Визначення енергоємності процесу роботи котка-подрібнювача рослинних решток

Основним критерієм процесу перерізання рослин та їх стебел прийнято питому енергоємність [5-6]. Розглянемо процес роботи котка-подрібнювача. Під час руху агрегату циліндричні котки з розміщеними на їх поверхні плоскими ножами спочатку притискають стебла до ґрунту, а потім перерізають під дією власної ваги. Процес різання починається при значенні кута нахилу ножа γ в межах $0^\circ \dots 45^\circ$, а при збільшенні кута – рослинні рештки не перерізаються, причому енергія витрачається лише на тертя ножа по по ним. При значенні кута $\gamma=0^\circ$ сила різання набуває найбільшого значення. На першому етапі теоретичних досліджень варто встановити поведінку функції питомої енергії в інтервалі граничних значень кута γ , а також уточнити сам інтервал. Розглянемо як залежать сили різання від кута нахилу ножа γ . Ніж закріплений на барабані котка (рис. 2.5) переміщується у матеріалі (деякій кількості стеблин) паралельно ребру AE під змінним кутом γ . Тоді силу для переміщення ножа можна представити у вигляді суми проекцій на напрям руху ножа від сил: діючих на фаску $ABCD$ (сила P_1), на різальну кромку AD (сила P_2) та на плоску грань $AEKD$ (сила P_3):

$$P_1 = N_1 \cdot \cos \gamma + (F_{\text{тр}} - f_1) \cdot \sin \gamma ,$$

$$P_2 = \frac{(F_{\text{мп}} - f_2) \cdot \sin \gamma + N_2 \cdot \cos \gamma}{\sin \beta}$$

$$P_3 = N_3 \cdot f_3 ,$$

де N_1, N_2, N_3 – сили нормального тиску відповідно: на фаску, різальну кромку та плоску грань ножа, Н;

f_1, f_2, f_3 – коефіцієнти тертя стебла (рослинної рештки) відповідно: по фасці, різальній кромці та плоскій грані ножа;

β – кут загострення ножа, град;

$F_{\text{мп}}$ – зусилля, що передається від трактора, Н.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Під час виконання процесу подрібнення стебел енергія витрачається на попереднє стискання матеріалу (A_{C1} , A_{C2} , A_{C3}), на подолання сил опору, тобто сам процес різання (A_{P1} , A_{P2} , A_{P3}) та на подолання опору повітря. Так як у процесі різання приймають участь фаска, різальна кромка та плоска грань ножа, тоді загальну роботу ножа можна представити у вигляді суми:

$$A = z \cdot (A_{P1} + A_{C1} + A_{C2} + A_{P2} + A_{C3} + A_{P3}) + A_o$$

де z – кількість ножів, шт.;

A_{C1} , A_{C2} , A_{C3} – робота ножа на попереднє стискання матеріалу, відповідно фаскою, різальною кромкою та плоскою гранню ножа, Дж;

A_{P1} , A_{P2} , A_{P3} – робота ножа на подолання сил опору матеріалу, відповідно фаскою, різальною кромкою та плоскою гранню ножа, Дж;

A_o – робота на подолання котком сили опору повітря, Дж.

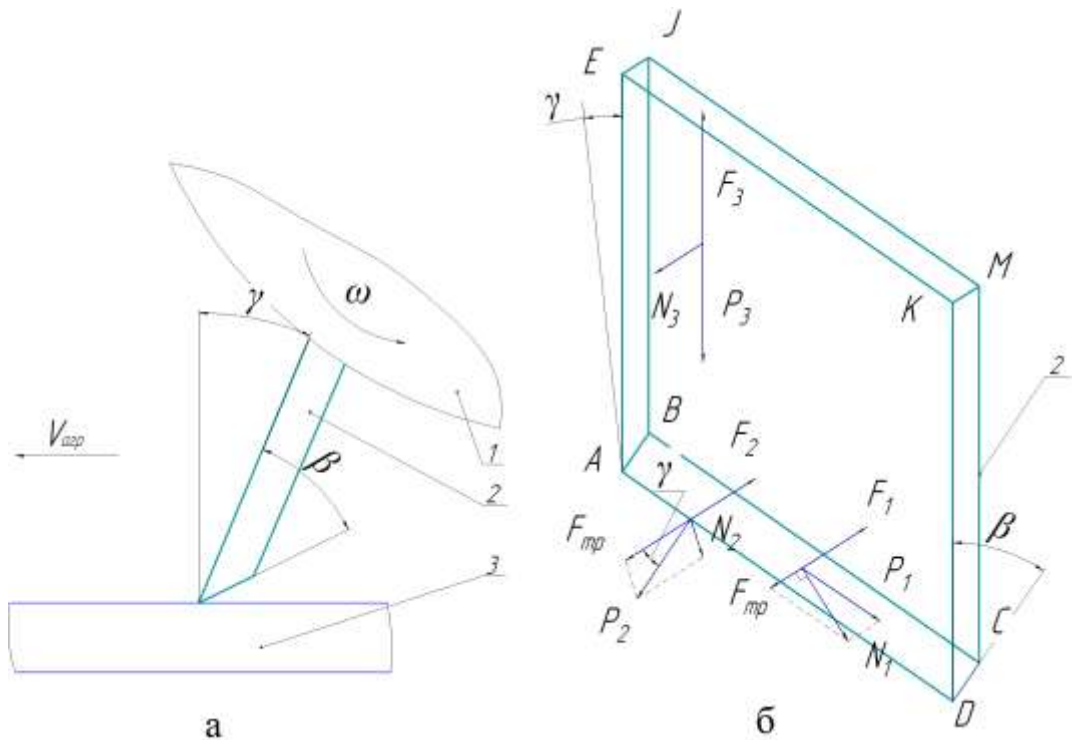


Рис. 2.5. Розрахункова схема:

а – схема руху котка-подрібнювача; б – схема сил, що діють на ніж

1 – коток; 2 – ніж; 3 – стебло рослини (рослинна решетка).

Робота ножа на попереднє стискання матеріалу, буде збільшуватись при підвищенні зусилля на різання [6].

$$A_c = \int P_c(S_1) dS_1,$$

де $P_c(S_1)$ – зусилля ножа необхідне на попереднє стиснення матеріалу в залежності від переміщення ножа, Н;

dS_1 – переміщення ножа, м.

Зусилля необхідне на попереднє стиснення матеріалу в залежності від переміщення ножа визначимо за допомогою формули В.П. Горячкіна [9]

$$P_c = K \cdot S_1,$$

де K – інтенсивність навантаження, при якому відбувається різання (питомий опір різанню), Н/м [10];

S_1 – переміщення ножа, м.

В момент прикладання леза до стебла (початок процесу подрібнення) зусилля на стискання дорівнює силі перерізування.

Тоді роботу можна виразити [4]:

$$A_c = \frac{P_c^2}{2 \cdot K_1}$$

Витрати енергії на перерізання одиниці площі поперечного перетину матеріалу (енергетику процесу різання) визначимо за допомогою питомої енергоємності E .

$$E = \frac{A}{S_m},$$

де S_m – площа матеріалу, яка піддається різанню, м².

Площею S_m будемо вважати суму площин поперечних перетинів стебел рослин або їх решток, яка знаходиться у площині різання. Під час обертання котка з ножами розташування на поверхні поля стебел та решток

рослин є хаотичним. Кількість стебел та решток, які одночасно піддаються різанню, знаходиться в межах від 1 до m штук.

$$S_m = \sum_{i=1}^m S_{M_i}.$$

Проведемо моделювання зміни складових рівняння (4) в залежності від кута нахилу ножа γ . Питому енергію необхідну для стиснення матеріалу визначимо за допомогою формули (6).

$$E_c = \frac{P^2}{2 \cdot K \cdot S_m}, \quad E = \frac{P}{d_c \cdot \cos \gamma},$$

де – діаметр стеблини, м.

Аналізуючи графічні залежності (рис. 3.6), отримані в результаті проведених числових досліджень впливу кута γ на зусилля та роботу з використанням пакету прикладних програм, встановлено, що сила P_1 , яка діє зі сторони фаски ножа при збільшенні кута γ зменшується завдяки збільшенню дії кута загострення ножа β , тобто поступово зменшується до значення сили тертя. Сила P_2 при кутах нахилу до $30^\circ \left(\frac{\pi}{6}\right)$ збільшується на 12%, а потім зменшується до значення сили тертя. Вплив кута γ на значення сили P_3 – відсутній. На процес різання суттєво впливає характер зміни сумарного зусилля, особливо від співвідношення P_1 та P_2 . Якщо зусилля P_1 переважає над P_2 , то загальне зусилля в значній мірі залежатиме від P_1 і навпаки якщо $P_2 > P_1$.

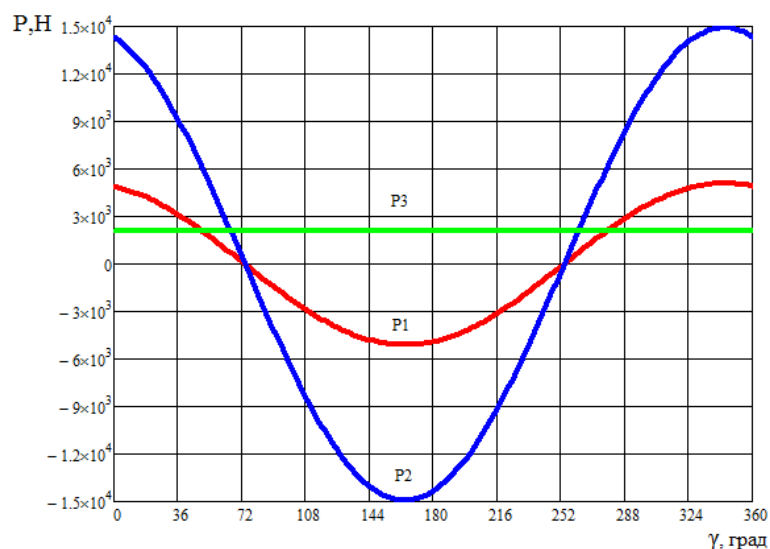


Рис. 2.6. Залежність складових сил різання (P_1 , P_2 , P_3) від значення кута γ

Експериментально неможливо отримати значення сил P_1 , P_2 , P_3 окремо. Тому завжди виникає розкид значень результатів дослідів при кутах нахилу γ 10° - 70° де залежність між P_1 та P_2 є найбільшою. Питома енергоємність (E_c) попереднього стиснення змінюється наступним чином: від зусилля P_1 P_2 монотонно зменшується зі збільшенням кута γ ; зусилля P_3 зберігає однакове значення протягом повного оберту барабана з ножами (рис. 3.7).

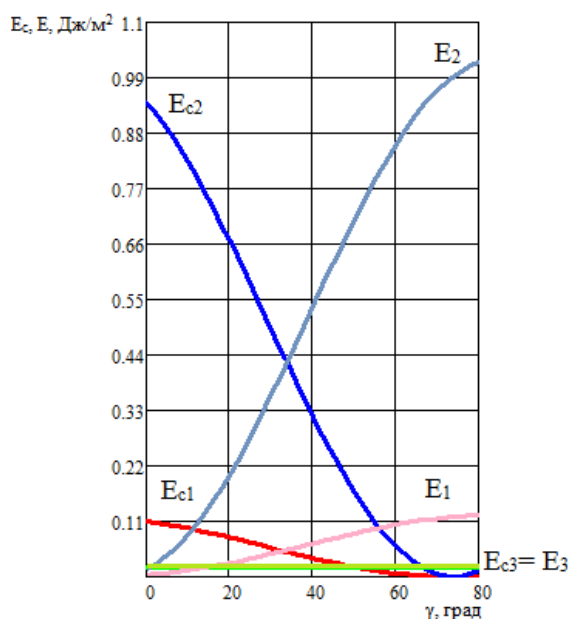


Рис. 2.7. Залежність питомої енергоємності (E_c) та (E) від кута γ

Характер впливу зусилля різання залежить від співвідношення сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено що питома енергоємність може знижуватися при кутах нахилу ножа 25^0-40^0 в результаті зменшення витрат енергії на попереднє стиснення матеріалу. Основним фактором, що впливає на підвищення питомої енергоємності різання ножами з кутом нахилу більше 40^0 , є зростання питомих енергетичних витрат на тертя ножа по матеріалу.

2.3. Експериментальні дослідження

2.3.1. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток соняшнику

Метою проведення польових випробовувань є перевірка якості виконання процесу подрібнення рослинних решток соняшнику в господарських умовах в залежності від швидкості агрегата.

Завдання дослідження: встановлення впливу швидкості руху агрегата на показник подрібнення.

Об'єкт та методика дослідження. Об'єктом дослідження був технологічний процес подрібнення рослинних решток технічними засобами з безприводними робочими органами.

Випробовування котка-подрібнювача КП-4,5 проводили на полях Кіровоградської області у Компаніївському районі на полі площею 6,4 га після збирання соняшнику. Умови проведення випробовувань відповідали середньостатистичним в регіоні (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Умови проведення випробовувань

№ п./п.	Параметр	Одиниця виміру	Значення
1.	Культура	-	соняшник
2.	міжряддя між стеблинами	см	75
3.	відстань між стеблинами у рядку	см	22-25
4.	діаметр стеблин (соняшнику)	мм	9-21
5.	вологість стеблостою	%	89

6.	маса рослинних решток	кг/м ²	0,72
7.	агрегування котка-подрібнювача	-	причіпний
8.	ширина захвату	м	4,5
9.	швидкість руху агрегата	км/год	15-23

Результати дослідження. Після виконання технологічного процесу проводили заміри по визначенню кількості та розмірів частин подрібнених стебел соняшнику на 1 м² за допомогою дерев'яної рамки (рис. 2.9). Потім змінювали швидкість агрегату і повторювали виміри. Досліди проходили з п'ятикратною повторюваністю.



Рис. 2.8. Ділянка поля соняшника після обробітку



Рис. 2.9. Визначення кількості решток та розмірів стебел соняшника на 1 м² за допомогою рамки

Показником якості прийнято відсоток по найбільшій кількості рослинних решток, розміри яких не перевищують вказаного значення $L_{тр}=200$ мм, після виконання процесу подрібнення.

Аналіз гістограми розподілу решток стебел соняшника за довжиною L після обробітку (рис. 2.10 а-б) показав, що найбільша кількість решток має довжину 100-200 мм. Дана довжина пояснюється тим, що відстань між ножами котка-подрібнювача становить 150 мм. Збільшення швидкості агрегата забезпечує подрібнення рослинних решток на менші розміри. Тобто кількість рослинних решток довжиною до 150 мм збільшується, а з розмірами більше за 200 мм – зменшується. Також слід відмітити зменшення

пропущених та неповністю подрібнених рослинних решток. Експериментально визначений діапазон швидкостей від 15 до 24 км/год враховує особливості роботи котка-подрібнювача у польових умовах, а саме рух агрегата на схилах-підйомах, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині. Збільшення швидкості за межі 24 км/год може впливати як на керованість агрегата так і збільшувати навантаження на раму та робочі органи котка-подрібнювача та механізм начіпки трактора.

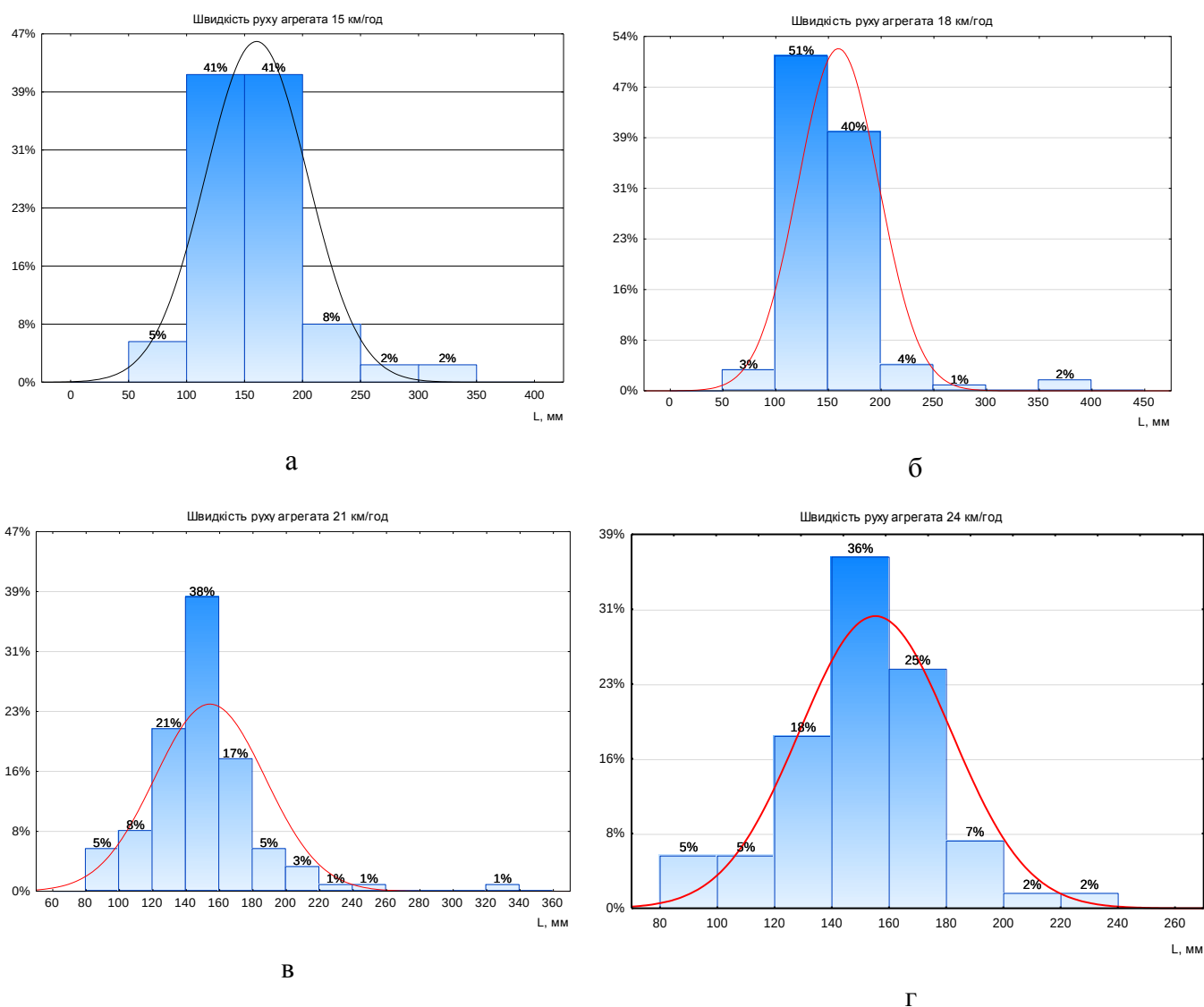


Рисунок 2.10. Гістограма розподілу решток стебел соняшнику за довжиною L після обробітку при різних швидкостях руху агрегату.

а– ступінь подрібнення $C=88\%$ при швидкості 15 км/год;

- б– ступінь подрібнення $C=93\%$ при швидкості 18 км/год;
 в– ступінь подрібнення $C=94\%$ при швидкості 21 км/год;
 г– ступінь подрібнення $C=96\%$ при швидкості 24 км/год.

Згідно з вимогами до виконання технологічного процесу подрібнення, запропонованими ННЦ "ІМЕСГ" УААН, розміри рослинних решток не повинні перевищувати 200 мм. За даним показником майже 100% (рис. 2.10 а-б) подрібнених рослинних решток не перевищують заданого граничного значення.

Висновки. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція котка-подрібнювача є цілком працездатною і придатною до широкого використання за певних ґрунтових та кліматичних умов. А експериментально підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 23 км/год дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач з умови економії палива та підвищення продуктивності.

2.3.2. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи

Метою проведення польових випробовувань є перевірка якості виконання процесу подрібнення рослинних решток соняшника в господарських умовах.

Завдання дослідження: 1) визначити кількість та розмірність рослинних решток на 1 м² поля;

2) визначення кількості та розмірність частин подрібнених стебел соняшника на 1 м² поля.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Об'єкт та методика дослідження. Об'єктом дослідження був технологічний процес подрібнення рослинних решток технічними засобами з безприводними робочими органами.

Випробовування котка-подрібнювача КП-4,5 проводили на полях Кіровоградської області в Устинівському районі на полі площею 4,1 га після збирання соняшнику. Умови проведення випробовувань відповідали середньостатистичним в регіоні (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. – Умови проведення випробовувань

№ п./п.	Параметр	Одиниця виміру	Значення
10.	температура навколишнього середовища	°С	+13
11.	вологість повітря	%	89
12.	культура	-	соняшник
13.	міжряддя між стеблинами	См	75
14.	діаметр стеблин (соняшнику)	Мм	12-19
15.	відстань між стеблинами у рядку	См	22
16.	маса рослинних решток	кг/м ²	0,72
17.	потужність двигуна трактора	к.с.	130
18.	агрегаткування котка-подрібнювача	-	причіпний
19.	швидкість руху агрегату	км/год	19-24
20.	ширина захвату	М	4,5

Результати дослідження. На площі поверхні поля, яка обмірювалась дерев'яною рамкою 1х1 (м), знімали з поверхні поля всі рослинні рештки, визначали їх загальну масу та встановлювали співвідношення їх довжини. Повторюваність вимірювань становила п'ять разів. На підставі аналізу отриманих результатів, за допомогою пакету прикладних програм, отримали гістограму розподілу розмірів рослинних решток кукурудзи за довжиною *l*

(рис. 2.11). Отримана графоаналітична залежність вказує, що більшість рослинних решток кукурудзи мали довжину в діапазоні 40-80 см.

Показником якості прийнято відсоток по найбільшій кількості рослинних решток, розміри яких не перевищують вказаного значення $L_{гр}=200$ мм, після виконання процесу подрібнення.

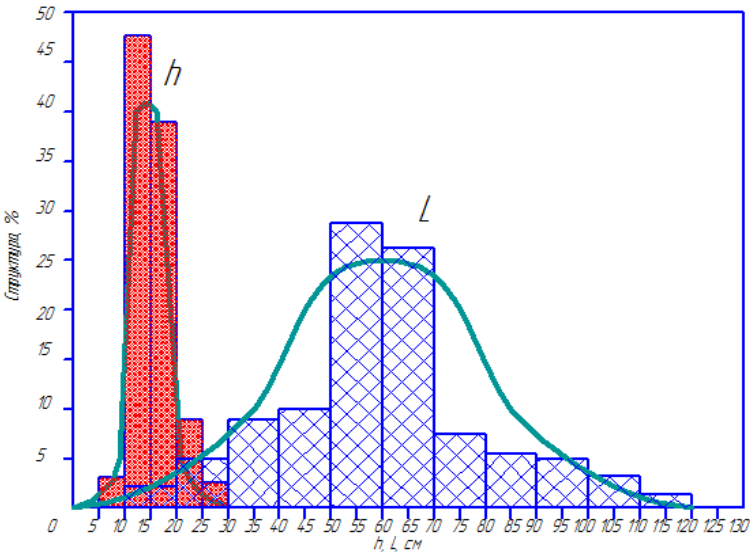
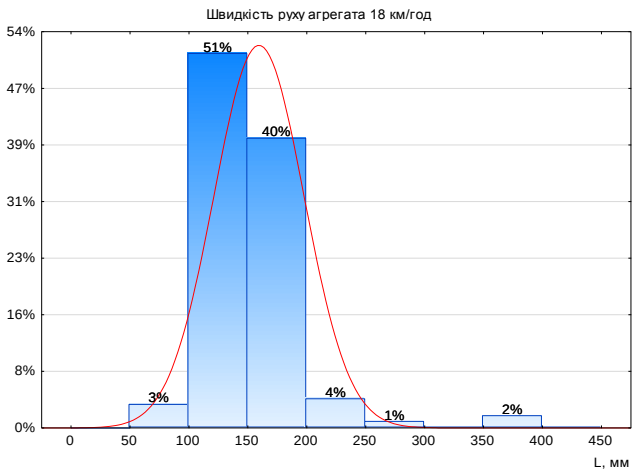
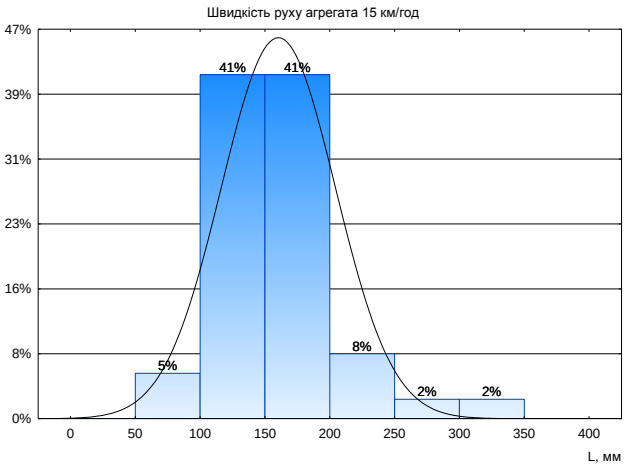
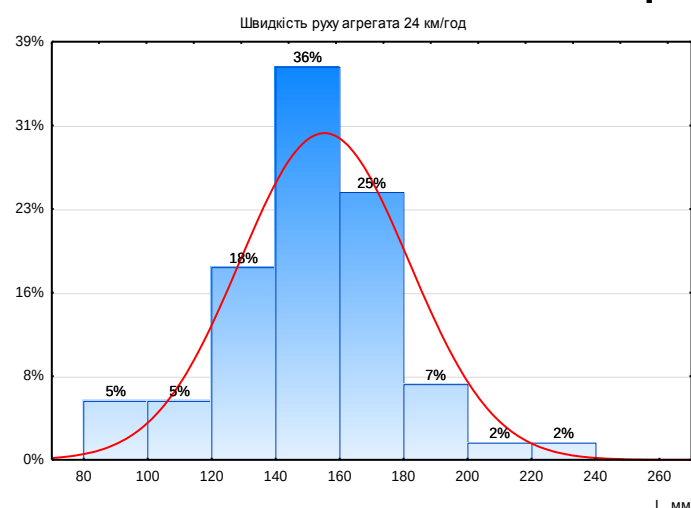
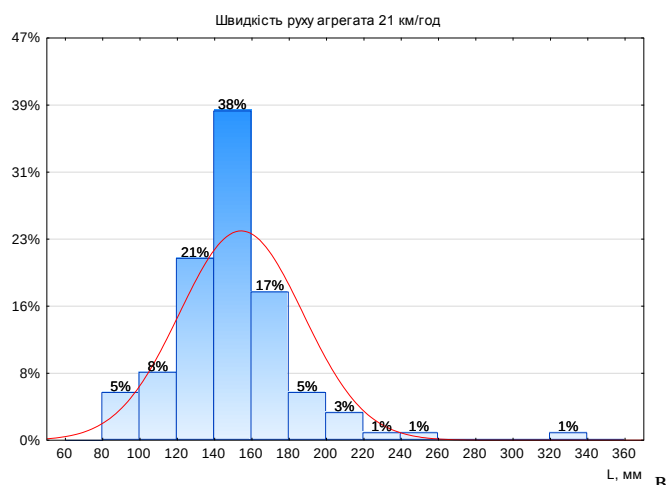


Рис. 4.32. Гістограма розподілу довжини рослинних решток кукурудзи до подрібнення (L) та після (h).





Г

а– ступінь подрібнення $C=88\%$ при швидкості 15 км/год;

б– ступінь подрібнення $C=93\%$ при швидкості 18 км/год;

в– ступінь подрібнення $C=94\%$ при швидкості 21 км/год;

г– ступінь подрібнення $C=96\%$ при швидкості 24 км/год.

Рис. 2.21. Гістограма розподілу решток стебел кукурудзи за довжиною L після обробітку при різних швидкостях руху агрегату.

Аналіз гістограми розподілу решток стебел кукурудзи за довжиною L після обробітку (рис. 2.31, а-б) показав, що найбільша кількість решток має довжину 100-200 мм. Дана довжина пояснюється тим, що відстань між ножами котка-подрібнювача становить 150 мм. Збільшення швидкості агрегата забезпечує подрібнення рослинних решток на менші розміри. Тобто кількість рослинних решток довжиною до 150 мм збільшується, а з розмірами більше за 200 мм – зменшується. Також слід відмітити зменшення пропущених та неповністю подрібнених рослинних решток. Експериментально визначений діапазон швидкостей від 15 до 24 км/год враховує особливості роботи котка-подрібнювача у польових умовах, а саме рух агрегата на схилах-підйомах, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині. Збільшення швидкості за межі 24 км/год може впливати як на керованість агрегата так і збільшувати навантаження на раму та робочі органи котка-подрібнювача та механізм зчипки трактора.

Згідно з вимогами до виконання технологічного процесу подрібнення, запропонованими ННЦ "ІМЕСГ" УААН, розміри рослинних решток не повинні перевищувати 200 мм. За даним показником майже 100% (рис. 2.31 а-б) подрібнених рослинних решток не перевищують заданого граничного значення.

Висновки. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція котка-подрібнювача є цілком працездатною і придатною до широкого використання за певних ґрунтових та кліматичних умов. А експериментально підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 23 км/год дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач з умови економії палива та підвищення продуктивності.

Для встановлення перспективних шляхів удосконалення конструкції даних машин необхідно мати інформацію про основні особливості і закономірності протікання процесу подрібнення. До групи даних факторів, на наш погляд, можна віднести:

- орієнтацію в просторі стеблостою, що підлягає подрібненню;
- поступальна швидкість агрегату;
- використання додаткових робочих органів.

Для перевірки процесу роботи подрібнювача при наявності впливу фактора розташування стебел соняшнику були вибрані і попередньо очищені від зайвих решток рядки. Стебла соняшнику штучно були орієнтовані в просторі під різними кутами нахилу до горизонту як за (+30°, +60°), так і проти напрямку руху агрегату (-30°, -60°), а також враховувався з прямостоячими стеблами - (90°) та самий негативний випадок - лежачі стебла (0°). За показник якості був прийнятий відсотковий вміст в загальнім об'ємі подрібнених стебел рослинних решток розмірами < 100 мм. Попередньо була визначена маса стебла та підраховано кількість стебел

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

соняшнику у рядку. При визначенні маси стебел враховувалась їх вологість, розміри [7-8].

Вплив взаємного розташування ножів роторів і стебел в момент їх контакту на якість подрібнення перевірявся по двох варіантах: при співпаданні вісі ротора з віссю рядка та розташуванні вісі ротора по середині міжряддя. Аналіз результатів свідчить про те, що різниця між значеннями якісних показників при різному взаємному розташуванні ножів роторів і рядків стебел в момент їх контакту незначна і знаходиться в межах статистичної похибки. Отже приділяти особливу увагу узгодженню положення і кількості робочих органів відносно поздовжньої вісі рядків не варто. Для котка-подрібнювача цей фактор не є впливовим із-за того, що подрібнення відбувається в результаті перебивання решток ножами після притискання їх до ґрунту.

А от орієнтація стебел в просторі має досить стабільний і вагомий вплив на якість подрібнення. Причому зі збільшенням кута нахилу стебел за напрямом руху агрегату показник якості зростає на 7...8%. Причиною цього може бути попередній жорсткий контакт стебел об рамну конструкцію подрібнювана, зламання їх і відкидання на поверхню поля в зону недосяжності ножів. В даному випадку стебла просто не потрапляють в умовну камеру подрібнення [7] або під барабани з ножами котка-подрібнювача [8].

Використання додаткових робочих органів – граблин при всіх варіантах розташування стебел в просторі забезпечує незначне, але стабільне підвищення показника подрібнення (2...3%). Більш вагомий ефект від їх використання (до 5%) спостерігається при подрібненні лежачих стебел. При цьому показник подрібнення значно менше залежить від поступальної швидкості агрегату. За таких умов робоча швидкість може бути збільшена майже на 1 м/с., що є вагомим фактором для підвищення загальної продуктивності машини [7].

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Встановлення граблин попереду барабану з ножами дозволяє обернути стебла таким чином, щоб зменшити поперечний перетин перерізу стебла. Аналіз відеофіксації процесу подрібнення показує, що граблини орієнтують стебла під кутами $82^{\circ}\dots 102^{\circ}$ до осі обертання барабану з ножами. Показник подрібнення збільшується на 6-7% при швидкостях руху агрегату 22-24 км/год на таких культурах як соняшник та кукурудза [8-9].

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Силовий аналіз механізмів і розрахунків деталей та вузлів на міцність

3.1.1. Вибір підшипників

Для осей котків встановимо шарикопідшипники закритого типу 8108 ГОСТ 7242-81. Визначаємо номінальну динамічну вантажопід'ємність 8108 підшипника з каталожною вантажопід'ємністю $C=16,8$ кН, статичною вантажопід'ємністю – $C_0=9,3$ кН. На підшипник діє радіальне навантаження $F_r=17,4$ кН, осьове $F_0=2,06$ кН, частота обертання $n=900$ об/хв., необхідна довговічність $L_h=10000$ при умові, що $V=K_0=K_t=1,0$.

Вибираємо коефіцієнти X та Y. Відношення $\frac{F_0}{C_0} = \frac{2.06}{9.3} = 0.221$, з табл. 6.1 [12], $e=0,221$, $X=0,56$ та $Y=1,15$.

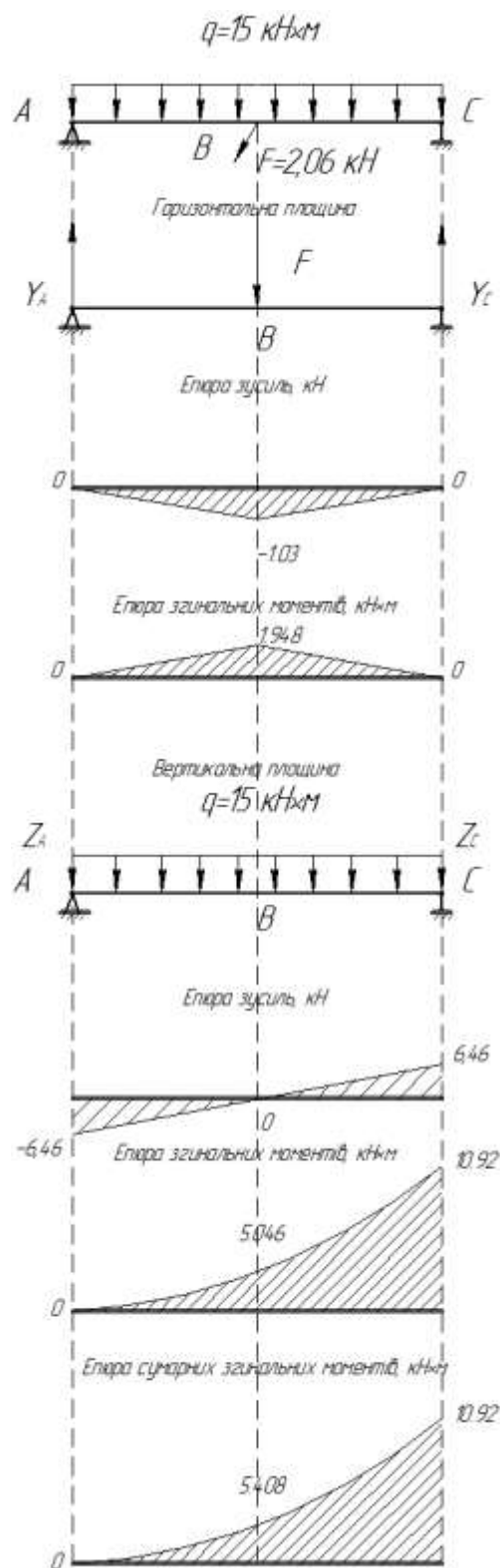
Знаходимо еквівалентне навантаження

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_0) \cdot K_0 \cdot K_t = (0,56 \cdot 1 \cdot 17,4 + 1,15 \cdot 2,06) \cdot 1 \cdot 1 = 1,213 \text{ кН}$$

За табл. 21 [12], $\frac{C}{P} = 8,43$, відповідно потрібна динамічна вантажопід'ємність $C = P \cdot 8,43 = 1,213 \cdot 8,43 = 10,225$ кН. Так як найближчий підшипник 8107 має $C=10,1$ кН, то залишаємо 8108, який нас повністю задовольняє.

3.1.2. Розрахунок осі під підшипник барабану.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Розглядаємо зусилля в горизонтальній площині.

Значення реакцій

$$Y_A = Y_C = \frac{1}{2} \cdot F = \frac{1}{2} \cdot 2.06 = 1.03 \text{ кН}$$

$$0 \leq x \leq \frac{L}{2} \quad (L=1.16 \text{ м})$$

зусилля

$$Q_A = Y_A;$$

$$Q_B = Y_A - F = 1.03 - 2.06 = -1.03 \text{ кН.}$$

згинаючі моменти

$$M_y = Q_y \cdot x$$

$$M_A = 0; \quad M_B = Y_A \cdot \frac{L}{2} = 1.03 \cdot \frac{1.16}{2} = 1.948$$

кН·м

$$\frac{L}{2} \leq x \leq L \quad (L=1.16 \text{ м})$$

зусилля

$$Q_B = Y_A - F;$$

$$Q_C = Y_A - F + Y_C = 1.03 - 2.06 + 1.03 = 0 \text{ кН.}$$

згинаючі моменти

$$M_y = Q_y \cdot x$$

$$M_C = 0;$$

Розглядаємо зусилля в вертикальній площині.

Значення реакцій

$$Z_A = Z_C = q \cdot \frac{L}{2} = 15 \cdot \frac{1.16}{2} = 6.46 \text{ кН}$$

Ділянка $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$ (L=1,16 м)

зусилля

$$Q_A = Z_A; \quad Q_B = Z_A - \frac{L}{2} \cdot q = 6,46 - 6,46 = 0 \text{ кН.}$$

згинаючі моменти

$$M_z = Q_z \cdot x$$

$$M_A = 0; \quad M_B = Z_A \cdot L \cdot \frac{L}{2} = 1,03 \cdot 1,16 \cdot \frac{1,16}{2} = 5,046 \text{ кН.м}$$

Ділянка $\frac{L}{2} \leq x \leq L$ (L=1,16 м)

зусилля

$$Q_B = Z_A - q \cdot \frac{L}{2};$$

$$Q_C = Z_A - q \cdot \frac{L}{2} + Z_c = 6,46 - 6,46 + 6,46 = 6,46 \text{ кН}$$

згинаючі моменти

$$M_z = Q_z \cdot x$$

$$M_C = 10,92 \text{ кН.м};$$

Сумарні згинальні моменти

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$$

$$M_{\Sigma AB} = 5,408 \text{ кН.м}; \quad M_{\Sigma AB} = 10,92 \text{ кН.м}$$

Визначаємо розрахункові діаметри в характерних точках

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{M_{\Sigma}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{10,92}{0,1 \cdot 40}} = 39 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр під підшипник 40 мм.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

5.1. Характеристика і аналіз ризиків виникнення небезпечних та шкідливих факторів час експлуатації подрібнювача рослинних решток.

Під експлуатації вдосконаленого подрібнювача рослинних решток можлива дія наступних небезпечних і шкідливих факторів:

- відкриті обертові і рухомі частини (котки з ножами);
- відсутність захисних каркасів котків, які не можливо огородити із-за виконання технологічного процесу;
- несправність системи запуску двигуна з кабіни трактора;
- несправність або відсутність блокуючого пристрою запуску пускового двигуна при включеній передачі;
- несправність гальмівної системи;
- несправність муфти зчеплення та рульового керування;
- несправність або відсутність освітлювальних і контрольно-вимірювальних приладів;
- відсутність пристрою для очищення ножів котка, які піддаються забиванню ґрунтом та рослинними рештками;
- відсутність на тракторах автоматичних тягово-зчіпних пристроїв для агрегаткування подрібнювача рослинних решток;
- підтікання палива, мастил, охолоджувальної та інших технологічних рідин;
- відсутність або несправність засобів доступу на робоче місце і до місць обслуговування (підніжки, драбини, площадки, огороження);
- відсутність пристроїв для запобігання попадання рослинних решток на поверхні теплообмінних елементів двигуна трактора, системи охолодження й елементів випускної системи відпрацьованих газів;
- відсутність іскрогасників;
- механізми, які рухаються і обертаються (рух самого агрегату, рух котків);

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

- високий рівень шуму, вібрації внаслідок роботи двигуна трактора та нерівностей поверхні поля;
- високий рівень запилення та загазованості робочої зони механізатора (пил піднімається з поверхні поля);
- наявність гострих країв елементів конструкції подрібнювача рослинних решток;
- перевертання агрегату при роботі на схилах, нахил яких перевищує встановлені нормативи;
- виконання робіт з паливно-мастильними матеріалами під час ремонту і технічного обслуговування;
- невідповідність параметрів мікроклімату вимогам санітарних норм при виконанні робіт у польових умовах;
- пожежонебезпека агрегату;
- електронебезпека під час виконання робіт під лініями електропередач;
- хімічні небезпечні і шкідливі речовини (паливно-мастильні матеріали, фарби, лаки, які використовуються під час ТО і ремонту).

У процесі виробничої діяльності та негативної дії навколишнього й виробничого середовища створюються виробничі умови, що можуть спричинити дію небезпечних і шкідливих факторів. Найбільш поширені з них:

- відсутність попереджувальних знаків і написів про існуючі небезпеки на агрегаті;
- відсутність інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки, технічних описів та інструкцій з експлуатації трактора та подрібнювача рослинних решток;
- несправність механізмів керування та гальмових систем енергетичного засобу;
- відсутність захисних пристроїв на рухомих частинах;
- несправність тягово-зчіпного пристрою;
- несправність інструменту, тощо;

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

- недостатнє освітлення робочого місця;
- відсутність (неефективність) засобів, що захищають від дії шуму та вібрації;
- невідповідність технічним умовам засобів індивідуального захисту, спецодягу, спецвзуття.

Небезпека, пов'язана з робочим місцем механізатора, внаслідок:

- падіння водія під час спроби зайняти або покинути робоче місце;
- викидів газів на робочому місці;
- пожежі (займистість кабіни, нестача засобів пожежогасіння);
- механічних видів небезпеки на робочому місці (контактування з рухливими частинами, наїзд, падіння предметів);
- недостатнього огляду з робочого місця;
- невідповідного освітлення;
- незручного місця для сидіння.

Небезпека, пов'язана із системою керування:

- неправильне розміщення органів керування;
 - неправильний режим роботи органів керування.

5.2. Заходи по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на модернізованому агрегаті.

Елементи конструкції подрібнювача рослинних решток не перешкоджають і не обмежують огляд з робочого місця об'єктів постійного спостереження. Для доступу механізатора на робоче місце і виходу з нього передбачені спеціальні підніжки. У важкодоступних місцях застосовано одноразове змащення підшипників на весь міжремонтний період. Місця розташування точок змащення позначені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору машини. Подрібнювач рослинних решток комплектується інструментом, що відсутній у комплекті тракторів. Для ручного очищення робочих органів передбачені спеціальні чистики. Розташування робочих органів забезпечує безпеку очищення і доступ до них. Допустимі значення рівня шуму на робочому

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

місці оператора не перевищує вимог ДСП 3.3.2.041-99. Кольорове оформлення подрібнювача рослинних решток виконане у відповідності з наступними вимогами:

- загальний фон кольору подрібнювача відрізняється від основного фону, на якому він експлуатується (фону поля);
- зовнішні поверхні, які у процесі експлуатації постійно знаходяться у полі зору оператора, покриті фарбою з матовою фактурою.

На подрібнювачеві приведені відповідні написи, які забороняють або попереджають про можливі аварійні ситуації у випадку неправильних дій обслуговуючого персоналу. Параметри вібрації у вертикальному та горизонтальному напрямках: на сидінні та робочій площадці оператора - відповідають ДСП 3.3.2.041-99. Робоче місце оператора захищене від викидання ґрунту з-під коліс та робочих органів машини і відповідає вимогам санітарних правил СП 4282-87. При агрегуванні машини навантаження на колеса управління трактора не перевищує 20% загальної маси агрегату. Важкі вузли машини (більше 20 кг) мають петлі і місця для закріплення при підніманні. Місця стропування позначені у відповідності з вимогами ДСТУ 2189-93, місця для встановлення домкратів позначені буквами «ДК».

5.3. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на удосконаленому агрегатіві.

Для забезпечення повздовжньої стійкості і керування агрегатом, в комплекті трактора передбачений кронштейн з вантажами, для закріплення їх на передньому брусі рами. Кути поперечної статичної стійкості для машини у агрегаті з трактором не менше 30⁰. Подрібнювач рослинних решток у відчепленому стані зберігає стійкість при застосуванні до нього зусиль більше 200 Н. Для транспортування дорогами загального призначення в темний час доби подрібнювач обладнаний світловідбивачами: задні червоного кольору, передні – білого, позаду з лівої сторони нанесений знак обмеження максимальної швидкості, кольорове зображення знака – згідно з ДСТУ 2189-93. Для

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

стропування машини під час завантажування на автотранспорт для перевезення до споживача, ремонтуванні та збиранні передбачені спеціальні петлі. Місця для стропування і встановлення домкратів позначені фарбою, відмінного кольору від загального фону машини. Конструкція машини забезпечує можливість приєднання до трактора одним оператором. Зусилля для переміщення важелів регулювання не перевищує – 200 Н. Загальне число робочих рухів оператора на хвилину при регулюванні та технічному обслуговуванні не перевищує 25.

Висновки

1. Запропоновано шляхи вдосконалення ПРР з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу, а саме: встановлення ряду ґрунтообробних робочих органів за подрібнювачем-розпушувачем. Переваги запропонованої конструкції подрібнювача-розпушувача рослинних решток – якісне подрібнення рослинних решток у відповідності до агротехнічних вимог покращення якості сівби і як наслідок підвищення врожайності, що підтверджено випробовуваннями.

2. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція котка-подрібнювача є цілком працездатною і придатною до широкого використання за певних ґрунтових та кліматичних умов. А експериментально підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 23 км/год дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач з умови економії палива та підвищення продуктивності.

3. Користуючись наведеними формулами і графіками, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого котка котка-подрібнювача рослин в залежності від конкретних умов його роботи, а саме: виду сільськогосподарської культури, її врожайності і довжини різки. Мінімальна довжина різки становитиме 60–90 мм. За сприятливих

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

умов при стеблинах з діаметрами до 10 мм потрібна сила тиску ножового ротора на ґрунт має бути близько 7 кН/м.

4. Для подальшого визначення тягового опору котка-подрібнювача при значеннях швидкості руху від 15 до 24 км/год доцільно враховувати силу опору повітря. Так як робочим органом є барабан з ножами, то необхідно враховувати зміну його площі проекції на площину перпендикулярну руху агрегата. Тому можливість теоретичного визначення еквівалентної проекції висоти в залежності від кутового положення та кількості ножів дозволить встановити значення зусилля на подолання сили опору повітря котком-подрібнювачем. Наведені дослідження є основою для створення рівняння щодо визначення тягового опору безприводних подрібнювачів рослинних решток з горизонтальною віссю обертання робочих органів і потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів котка-подрібнювача.

5. Характер впливу зусилля різання залежить від співвідношення сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено що питома енергоємність може знижуватися при кутах нахилу ножа 25° – 40° в результаті зменшення витрат енергії на попереднє стиснення матеріалу. Основним фактором, що впливає на підвищення питомої енергоємності різання ножами з кутом нахилу більше 40° , є зростання питомих енергетичних витрат на тертя ножа по матеріалу.

6. Користуючись наведеними формулами і графіками, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого котка котка-подрібнювача рослин в залежності від конкретних умов його роботи, а саме: виду сільськогосподарської культури, її врожайності і довжини різки. Мінімальна довжина різки становитиме 60–90 мм. За сприятливих умов при стеблинах з діаметрами до 10 мм потрібна сила тиску ножового ротора на ґрунт має бути близько 7 кН/м.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

7. Конструктивне виконання подрібнювача та здійснення ним функціонального призначення відповідає вимогам стандарту ДСТУ2189-93 з урахуванням:

- загальних вимог безпеки згідно з НПАОП 01.41-1.01-01;
- пожежної безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ ІЕС 80416-1:2005, ДСТУ ISO 3864-1:2005, та «Загальних правил пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва».

Місця для зберігання техніки комплектуються засобами пожежогасіння у відповідності з вимогами правил пожежної безпеки. Організація та обладнання робочих місць для виконання зварювальних і вогневих робіт, наплавлення і різання повинні відповідати вимогам ДСТУ 2448-94, ДСТУ 2456-94, ДСТУ 2489-94, ДНАОП 0.00-5.11-85, ДНАОП 0.03-1.06-73.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В технології вирощування озимої пшениці зроблено наступні зміни. Аналіз конструкцій подрібнювачів виявив недоліки базового приводу на робочих органах від ВВП. Вирішено замінити його на подрібнювач з неприводними робочими органами з оригінальним способом розташування лез.

Таблиця 5.1

Вихідні дані

Параметр		Базова	Проектна
Культура	Озима пшениця		
Обсяг робіт	га	240	240
Ціна подрібнювача	грн.	120420	89560
Робоча ширина захвату подрібнювача	м	2,8	4,5
Робоча швидкість агрегату	км/год	15	24

Склад агрегату		МТЗ- 1221+АГП-2.8	МТЗ- 1221+КП-4,5
Змінна норма виробітку	га/зм	20,58	30,87
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4

Таблиця 5.2

Техніко-економічні показники ефективності використання проектної технології

Показник	Одиниця виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+, -	%
Площа	га	240	240	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	501.75	373.17	-128.58	-25.6
Продуктивність праці	га/зм	20,58	30,87	+10,29	+50.0
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4	-2,5	-28,1
Собівартість подрібнення рослинних решток	грн.	82323,13	54031,01	-28292.12	-34.4
Собівартість подрібнення рослинних решток	грн./га	343,01	225,13	-117.88	-34.4
Річна економія	грн.		28292.12	-	-

Висновок. Запропонована технологія є ефективною, отримана річна економія в розмірі 28292.12 грн., зросла продуктивність праці за зміну на 50%, зменшено витрати пального на 28,1%, зменшено затрати на подрібнення рослинних решток на 34,4%.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сало В.М. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулів, 2016. – 244 с.
2. Богатирьов Д.В. Обґрунтування перспективних напрямів конструкцій подрібнювачів рослинних решток. / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало, В.І. Носуленко, Д.В. Мартиненко // [Електронний ресурс] Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 42. – С. 39-44. (Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_42_1/)
3. Сало В.М. Технічне забезпечення процесів подрібнення рослинних решток / [Електронний ресурс] В.М. Сало, Д.В. Богатирьов // Журнал «Пропозиція» – 2015. – №9 С.42-47. (Режим доступу: <http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=5026&number=171>)
4. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві / [Текст] В.М. Сало, Д.В. Богатирьов, С.М. Лещенко, М.І. Савицький // Техніка і технології АПК – Дослідницьке: УКРНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.
5. Богатирьов Д.В. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок // [Електронний ресурс] Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 2015. – вип.31.– С. 10-17. (Режим доступу: <http://agrmash.info/zb/31/4.pdf>).
6. Богатирьов Д.В. Технічне забезпечення сучасних процесів подрібнення рослинних решток / Д.В. Богатирьов, В.М. Сало // [Текст] Перспективні напрями наукових досліджень – 2015: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – В 2 т. – Т.2. – К.: Вид-во «Центр навчальної літератури», 2015. – С.131-133.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

7. Богатырев Д.В. Современные сельскохозяйственные орудия для измельчения растительных остатков / Д.В. Богатырев, В.М. Сало // [Текст] Simpozionului Științifico-Practic Internațional „Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto” dedicat aniversării a 65 ani de la fondarea Facultății de Inginerie Agrară și Transport Auto – 2015 – vol.45 – Chișinău: Universitatea agrară de stat din Moldova. – С.33-36.
8. Подрібнювач рослинних решток КП-4.5 [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.savitskiy.com.ua/>.
9. Ashford D.L. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop / [Текст] D.L. Ashford, D.W. Reeves. // American Journal of Alternative Agriculture – 2003. – 18(1) – P.37-45.
10. Korniecki T.S. Performance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration / [Текст] T.S. Korniecki, A.J. Price // Applied Eng. Agric – Alabama, USA – 22(5) – P.633-641.
11. Тагаев Х. Формула Тагаева по определению гидродинамического сопротивления воды / Х. Тагаев [Текст] // Technical science – Dubai, UAE – 2015 – С.32-37.
12. Тагаев Х. К определению сопротивления воды на лобовую поверхность катка-фрезы / Х. Тагаев [Текст] // Сборник научных трудов. Ташкентский ИИМСХ – Ташкент: ТИИМСХ, 1985 – С.115-120.
13. Білокопитов О.В. Обґрунтування раціональних параметрів голчастих робочих органів для суцільного обробітку ґрунту в умовах півдня України. Автореф. дис. канд. техн. наук., Мелітополь, 1998, 21 с.
14. Ярош Ю.М., Трусів Б.А. Технологія виробництва сільськогосподарської продукції. К.: Український Центр духовної культури, 2005. 524 с.
15. Бойко А.І., Балабуха А.В. Аналіз розподіл зусиль на ріжучій частині ґрунтообробного робочого органа // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Том 5, №4. – Тернопіль: ТДТУ. – 2000. с. 78-82.

					КПА 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

16. Каплін І.М., Романенко М.П., Нагорний М.Н., Бабій О.П. Комплексна механізація виробництва зерна. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
17. Кочев В.І., Білокопитов О.В. Сергєєв Л.В. Дослідження кінематики голчастого робочого органа, встановленого під гострим кутом до напрямку руху.// Механізація та електрифікація сільського господарства. – К., 1993. – Вип.. 77, с. 29-36.
18. НПАОП 01.41-1.01-01 Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва затверджені наказом Мінпраці від 30.11.2001 р. № 512.
19. Автоматизоване проектування в машинобудуванні. Навчальний посібник / М.О. Свірень, І.М. Осипов, М.М. Петренко та ін. Кропивницький: КОД, 2017. 324 с.
20. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.2: Машини для сівби та садіння. Харків: ОКО, 2002. 452 с.
21. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1. Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. Черновола М.І. К.: Урожай, 2001. 382 с.
22. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії /В.П.Гудзь, А.П.Лісовол, В.О.Андрієнко; За ред. В.П.Гудзя. К.: Вища школа, 1996. 384 с.
23. Землеробство / В.П. Гудзь, І.Д. Приймак, Б.В. Будьонний; За ред. В.П.Гудзя. К.: Урожай, 1996. 384 с.
24. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін. ; За ред. В.Д. Гречкосія. 2-е вид., перероб. і доп. К.: Урожай, 1991. 400 с.

ДОДАТКИ

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В технології вирощування озимої пшениці зроблено наступні зміни. Аналіз конструкцій подрібнювачів виявив недоліки базового приводу на робочих органах від ВВП. Вирішено замінити його на подрібнювач з неприводними робочими органами з оригінальним способом розташування лез.

Таблиця 5.1

Вихідні дані

Параметр		Базова	Проектна
Культура	Озима пшениця		
Обсяг робіт	га	240	240
Ціна подрібнювача	грн.	120420	89560
Робоча ширина захвату подрібнювача	м	2,8	4,5
Робоча швидкість агрегату	км/год	15	24
Склад агрегату		МТЗ- 1221+АГП-2.8	МТЗ- 1221+КП-4,5
Змінна норма виробітку	га/зм	20,58	30,87
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4

Розрахунок кількості агрегатів

Розраховуємо кількість агрегатів, які необхідні для виконання операцій за формулою:

$$K = B / H \times T \quad (5.1)$$

де В - обсяг робіт, га;

Н - норма виробітку, га/зміну;

Т- агротехнічний строк виконання даної операції, днів.

Знайдемо потрібну кількість агрегатів для операції подрібнення рослинних решток (запропонована технологія).

$$K_{\text{пр}} = 240/(4 \cdot 30,87) = 1,94$$

Приймаємо два агрегати тобто $K = 2$.

Аналогічно визначаємо потребу в агрегатах для операції подрібнення рослинних решток за базовою технологією, результати розрахунків заносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2.

Кількість агрегатів							
Зміст роботи	Одиниця виміру	Агрокрок, дн	Обсяг робіт, га	Норма виробітку за зміну	Виробіток за агрокрок	Кількість агрегатів	
						Розрах.	прип. ято
1	2	3	4	5	6	7	8
Базова технологія							
Подрібнення рослинних решток	га	4	240	20,58	82,32	2,9	3
Проектна технологія							
Подрібнення рослинних решток	га	4	240	30,87	123,48	1,94	2

Визначення собівартості виконання операції:

$$C = V_{\text{п}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}} + V_{\text{соц}} + A + P + Z_{\text{вир}} + Z_{\text{гос}} \quad (5.2)$$

Визначення витрат на паливо

Визначаємо загальні витрати пального за формулою:

$$Z_{\text{в}} = P_{\text{в}} \times V \quad (5.3)$$

де $Z_{\text{в}}$ – загальні витрати на обсяг робіт;

$P_{\text{в}}$ – витрати пального на обробіток 1 га, кг;

V – обсяг робіт.

За проектною технологією - витрати дорівнюють:

$$Зв = 6,4 \cdot 240 = 1536 \text{ кг (1873 л)}$$

Визначаємо суму витрат на паливо за формулою:

$$Вп = Зв \times Ц = 1873 \cdot 19,0 = 35587,0 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де Ц – ціна 1л палива, грн.

Аналогічно визначаємо суму витрат на паливо для операцій за базовою технологією та заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Витрати на паливо за ціною 19,0 грн/л

Назва робіт	Витрати палива на одиницю роботи л/кг	Загальні витрати палива, л	Всього вартість, грн.
1	2	3	4
Базова технологія			
Подрібнення рослинних решток	8,9 (10,9)	2616	49704,0
Проектна технологія			
Подрібнення рослинних решток	6,4 (7,8)	1873	35587,0

Розрахунок витрат на оплату праці

Визначаємо основну заробітну плату по тарифу за формулою:

$$Зо = Ст \cdot Тф \quad (5.5)$$

де Ст – годинна тарифна ставка, грн./год;

Тф – фактично відпрацьований час, год.;

$$T_{\phi} = \frac{B}{H_{\phi}} \cdot t_{зм} \quad (5.6)$$

$t_{зм}$ – тривалість зміни, приймаємо 7 год.

$$T_{\phi}^{np} = \frac{240}{20,58} \cdot 7 = 81,63 \text{ год}$$

$$T_{\phi}^{\delta} = \frac{240}{30,87} \cdot 7 = 54,42 \text{ год}$$

Визначаємо додаткову заробітну плату, доплату за класність і якість робіт за формулою:

$$З_{\delta} = З_o \frac{K_{\delta}}{100} \quad (5.7)$$

де K_{δ} - відсоток додаткової заробітної плати (приймаємо в межах 10-20%).

Доплата за класність визначається :

$$З_{кл} = (З_o + З_{\delta}) \frac{K_{л}}{100} \quad (5.8)$$

де $K_{л}$ - відсоток доплати за класність (приймається 10% тільки для механізованих робіт).

$$З_{я} = (З_o + З_{\delta}) \frac{K_{я}}{100} \quad (5.9)$$

$K_{я}$ - відсоток доплати за якість робіт.

Відрахування на соціальні заходи

Визначаємо за формулою:

$$З_{соц} = (З_o + З_{\delta} + З_{кл} + З_{я}) \frac{K_{соц}}{100} \quad (5.10)$$

де $K_{соц}$ - встановлений державою відсоток відрахувань на соціальні заходи, $K_{соц} = 22\%$.

Розраховуємо основну заробітну плату за виконання операції за технологією

$$З_o^6 = 16,02 \cdot 81,63 = 1307,71 \text{ грн.}$$

$$З_o^{пр} = 16,02 \cdot 54,42 = 871,81 \text{ грн.}$$

Розраховуємо додаткову заробітну плату і доплату за класність і якість за виконання операції:

Подрібнення рослинних решток	81,63	16,02	1307,71	260,94	156,87	156,87	1882,39	282,13
Проектна технологія								
Подрібнення рослинних решток	54,42	16,02	871,81	174,36	104,62	156,87	1255,61	276,23

Розрахунок витрат на утримання основних засобів

Визначаємо амортизаційні відрахування за формулою:

$$A = K_p \times C \times N_a \times T_f / T_n \times 100 \quad (5.12)$$

де K_p - коефіцієнт переводу оптової ціни у балансову вартість ($K_p=1,3$);

C - оптова ціна трактора(сільськогосподарської машини), грн.;

N_a - норма амортизаційних відрахувань, $N_a=15\%$;

T_n - річне середнє завантаження машини, год.

Витрати на ремонт і технічний догляд розраховуються аналогічно, але замість норми амортизації підставляємо значення норм на ремонт і технічний догляд.

Розраховуємо амортизаційні відрахування та відрахування на ремонт та технічний догляд за проектною технологією:

Амортизаційні відрахування за проектною технологією:

Трактор МТЗ-1221 і АГП-2,8'

$$A_{тр м} = 1,3 \cdot 210000 \cdot 15 \cdot 54,42 / 1350 \cdot 100 + 1,3 \cdot 89560 \cdot 15 \cdot 54,42 / 280 \cdot 100 = 5045,03 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт і ТО

$$P_{тр м} = 1,3 \cdot 210000 \cdot 14,9 \cdot 54,42 / 1350 \cdot 100 + 1,3 \cdot 89560 \cdot 9 \cdot 54,42 / 280 \cdot 100 = 3676,31 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо витрати на амортизацію для операцій за базовою технологією і заносимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Операція	Ціна, грн.	Фактично відпрацьований час	Нормативне навантаження, год		Амортизація, грн.		Всього, грн.
			трактор	С-г машина	трактор	С-г машина	
Базова технологія							
Подрібнення	210000	81,63	1350	280	2476,11	6845,81	9321,92
	120420						
Проектна технологія							
Подрібнення	210000	54,42	1350	280	1650,74	3394,29	5045,03
	89560						

Розраховуємо витрати на ремонт та ТО для операцій за проектною і базовою технологією і заносимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.6

Розрахунок витрат на ремонт і ТО

Операція	Ціна, грн.	Фактично відпрацьований час	% нарахувань на ремонт та ТО		Витрати на ремонт та ТО, грн.		Всього, грн.
			трактор		трактор		
Базова технологія							
Подрібнення	210000	81,63	14,9	9	2459,60	4107,49	6567,09
	120420						
Проектна технологія							
Подрібнення	210000	54,42	14,9	9	1639,74	2036,57	3676,31
	89560						

Розрахунок загальновиробничих витрат

Загальновиробничі витрати по кожній операції складають 25- 35% від суми заробітної плати і відрахувань на амортизацію і розраховуються за формулою:

$$\text{Звир} = (A + 3п) \times K_{зв}/100 \quad (5.13)$$

де Кзв - відсоток загальновиробничих витрат, приймаємо - 35%.

Зп- заробітна плата працівників, яка включає основну і додаткову заробітну плату, а також доплату за класність механізаторам;

А - амортизаційні відрахування на основні засоби.

Визначаємо загальновиробничі витрати при виконанні операції:

$$\text{Звир пр} = (1255,61 + 5045,03) \times 35 / 100 = 2205,22 \text{ грн.}$$

$$\text{Звир баз} = (1882,39 + 9321,92) \times 35 / 100 = 3921,51 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.7.

Розрахунок загальногосподарських витрат

Загальногосподарські витрати по кожній виконаній операції складають 70-120% від суми заробітної плати і відрахувань на амортизацію і розраховуються за формулою:

$$\text{Згос} = (A + \text{Зп}) \times \text{Кзг} / 100 \quad (5.14)$$

Де Кзг - відсоток загальногосподарських витрат.

Визначаємо загальногосподарські витрати при виконанні операції за кожною технологією:

$$\text{Згос пр} = (1255,61 + 5045,03) \cdot 95 / 100 = 5985,61 \text{ грн.}$$

$$\text{Згос баз} = (1882,39 + 9321,92) \cdot 95 / 100 = 10644,09 \text{ грн.}$$

Отримані результати розрахунків заносимо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7

Собівартість виконання робіт, передбачених базовою і проектною технологіями (грн.)

Зміст роботи	Паливо	Амортизаційні витрати	Оплата праці	Відрахування у соц.фонди	Витрати на ремонт і ТО	Накладні витрати, грн.		Всього
						Загально-господ.	Загально-виробнич.	
Базова технологія								
Подрібнення	49704,0	9321,92	1882,39	282,13	6567,09	3921,51	10644,09	82323,13
Проектна								
Подрібнення	35587,0	5045,03	1255,61	276,23	3676,31	2205,22	5985,61	54031,01

Таблиця 5.8

Техніко-економічні показники ефективності використання проектної технології

Показник	Одиниця виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+, -	%
Площа	га	240	240	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	501.75	373.17	-128.58	-25.6
Продуктивність праці	га/зм	20,58	30,87	+10,29	+50.0
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4	-2,5	-28,1

Собівартість подрібнення рослинних решток	грн.	82323,13	54031,01	-28292.12	-34.4
Собівартість подрібнення рослинних решток	грн./га	343,01	225,13	-117.88	-34.4
Річна економія	грн.		28292.12	-	-

Висновок. Запропонована технологія є ефективною, отримана річна економія в розмірі 28292.12 грн., зросла продуктивність праці за зміну на 50%, зменшено витрати пального на 28,1%, зменшено затрати на подрібнення рослинних решток на 34,4%.

Допущено до захисту

Зав. кафедрою СГМ

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«_____» _____ 2023_р.

Графічна частина

магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «Удосконалення подрібнювачів рослинних решток з обґрунтуванням
параметрів ножів»

на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Студент

гр. ГМ(СМ)-21М(1.9) _____ Д.С. Халізов

Керівник _____ Д.В. Богатирьов

Нормоконтроль _____ Ю.В. Мачок

Кропивницький 2023

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
				<i>Заново розроблена</i>		
A1			КПА 00.001 СБ	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КПА 01.000	Рама в зборі	1	
		2	КПА 02.000	Упор складний в зборі	1	
		3	КПА 03.000	Коток подріднювача	3	
		4	КПА 04.000	Стебленапрячник в зборі	12	
		5	КПА 05.000	Гідрофіковане опорне колесо	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Болт М16-6gx28.66.019	18	
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		7		М16-7Н.019	18	
		8		М20-7Н.019	12	
		9		М22-7Н.019	12	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		10		16.65Г.019	18	
		11		22.65Г.018	10	

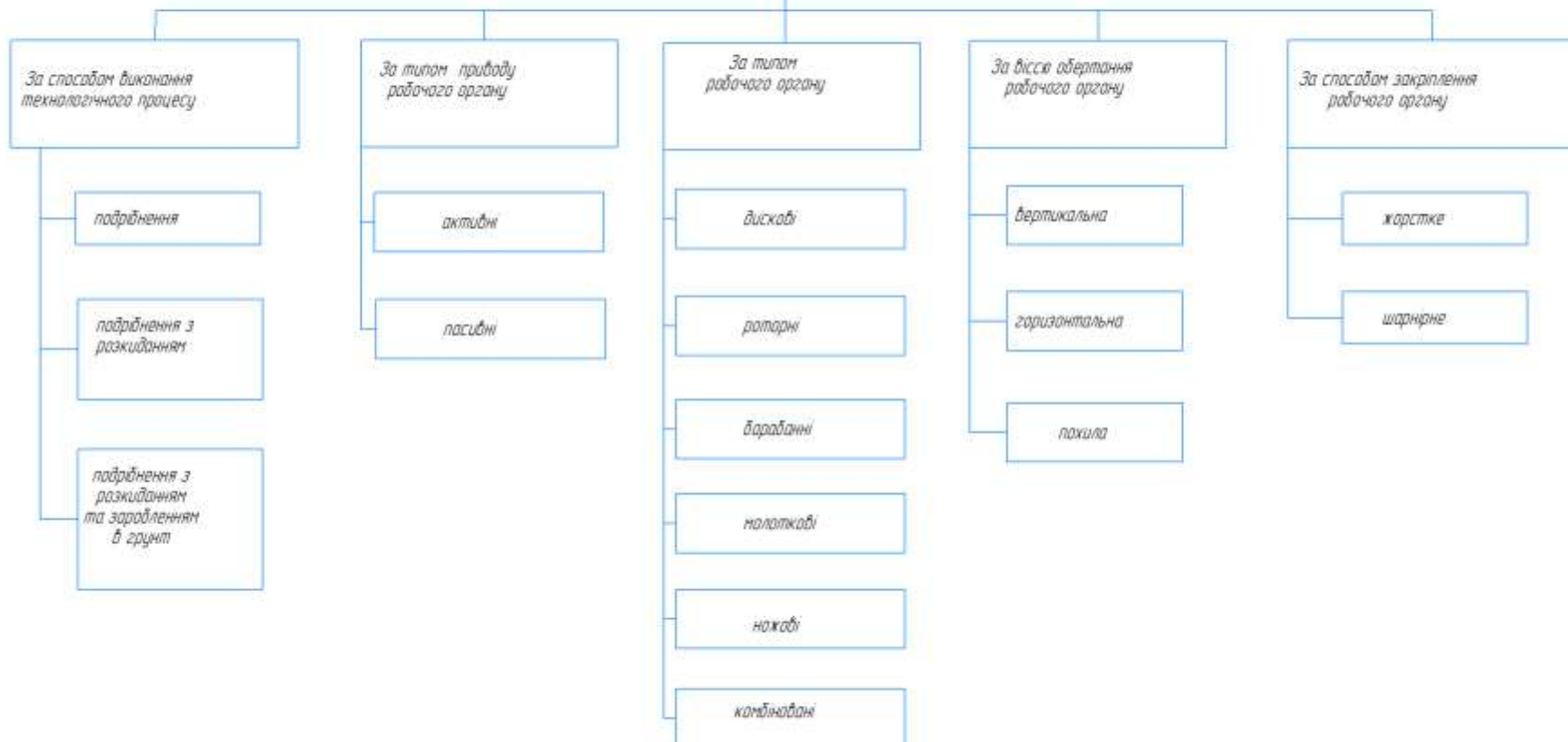
					КПА 00.001								
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Котак-подріднювач КП-4,5				Літера	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Халізов										1	1	
Перевір.	Богатирьов								ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(1.9)				
Н. контр.	Мачок												
Затв.	Лещенко												

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»
НА ТЕМУ:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ
РОСЛИННИХ РЕШТОК З
ОБҐРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ
НОЖІВ»**

ВИКОНАВ СТУДЕНТ ГРУПИ ГМ(СМ)-21(1.9)
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 133 «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»
ХАЛІЗОВ ДМИТРО СЕРГІЙОВИЧ

Підприємстві рослинних решток



				КН 00.001 НЧ			
Код	Назва	Вид	Вид	Класифікація підприємств за типом приводу робочого органу	Вид	Назва	Вид
001	Підприємства	активні	001	001	001	001	001
002	Підприємства	пасивні	002	002	002	002	002
003	Підприємства	комбіновані	003	003	003	003	003
004	Підприємства	вертикальні	004	004	004	004	004
005	Підприємства	горизонтальні	005	005	005	005	005
006	Підприємства	похилі	006	006	006	006	006
007	Підприємства	жорсткі	007	007	007	007	007
008	Підприємства	шарнірні	008	008	008	008	008

Визначення енергоємності процесу роботи котка-подрібнювача рослинних решток

ІПА 00.006 НН

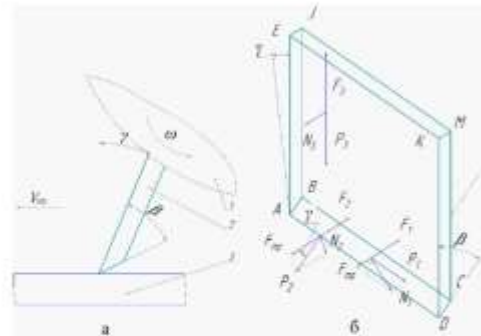


Рис. 1. Розрахункова схема:

а – схема руху котка-подрібнювача; б – схема сил, що діють на ній

1 – коток; 2 – ніж; 3 – стебло рослини (рослинна рештка)
загальну роботу ножа можна представити у вигляді суми:

$$A = z \cdot (A_{P1} + A_{C1} + A_{C2} + A_{F2} + A_{C3} + A_{F3}) + A_0$$

де z – кількість ножів, шт.;

A_{C1}, A_{C2}, A_{C3} – робота ножа на попереднє стискання матеріалу, відповідно фаскою, різальною кромкою та плоскою гранню ножа, Дж;

A_{F2}, A_{F3} – робота ножа на подолання сил опору матеріалу, відповідно фаскою, різальною кромкою та плоскою гранню ножа, Дж;

A_0 – робота на подолання котком сили опору повітря, Дж.

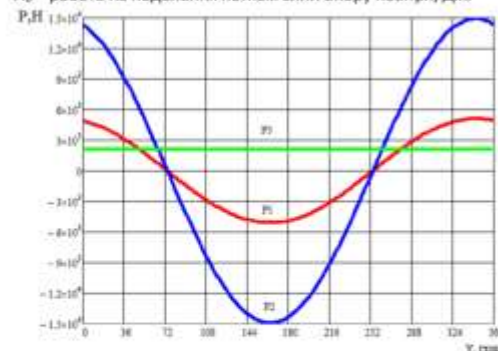


Рис. 2. Залежність складових сил різання (P_1, P_2, P_3) від значення кута γ

Силу для переміщення ножа можна представити у вигляді суми проєкцій на напрям руху ножа від сил: діючих на фаску $ABCD$ (сила P_1), на різальну кромку AD (сила P_2) та на плоску грань AED (сила P_3):

$$P_1 = N_1 \cdot \cos \gamma + (F_{тр} - F_1) \cdot \sin \gamma$$

$$P_2 = \frac{(F_{оп} - F_2) \cdot \sin \gamma + N_2 \cdot \cos \gamma}{\sin \beta}$$

$$P_3 = N_3 \cdot f_3,$$

де N_1, N_2, N_3 – сили нормального тиску відповідно: на фаску, різальну кромку та плоску грань ножа, Н;

f_2, f_3 – коефіцієнти тертя стебла (рослинної рештки) відповідно: по фасці, різальній кромці та плоскій грані ножа;

β – кут загострення ножа, град;

$F_{тр}$ – зусилля, що передається від трактора, Н.

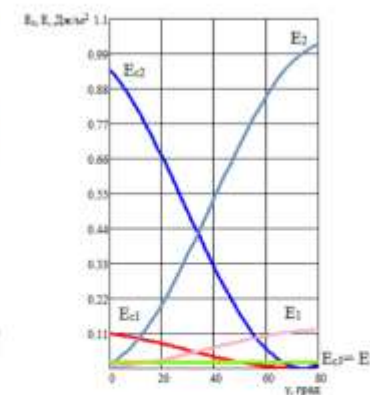
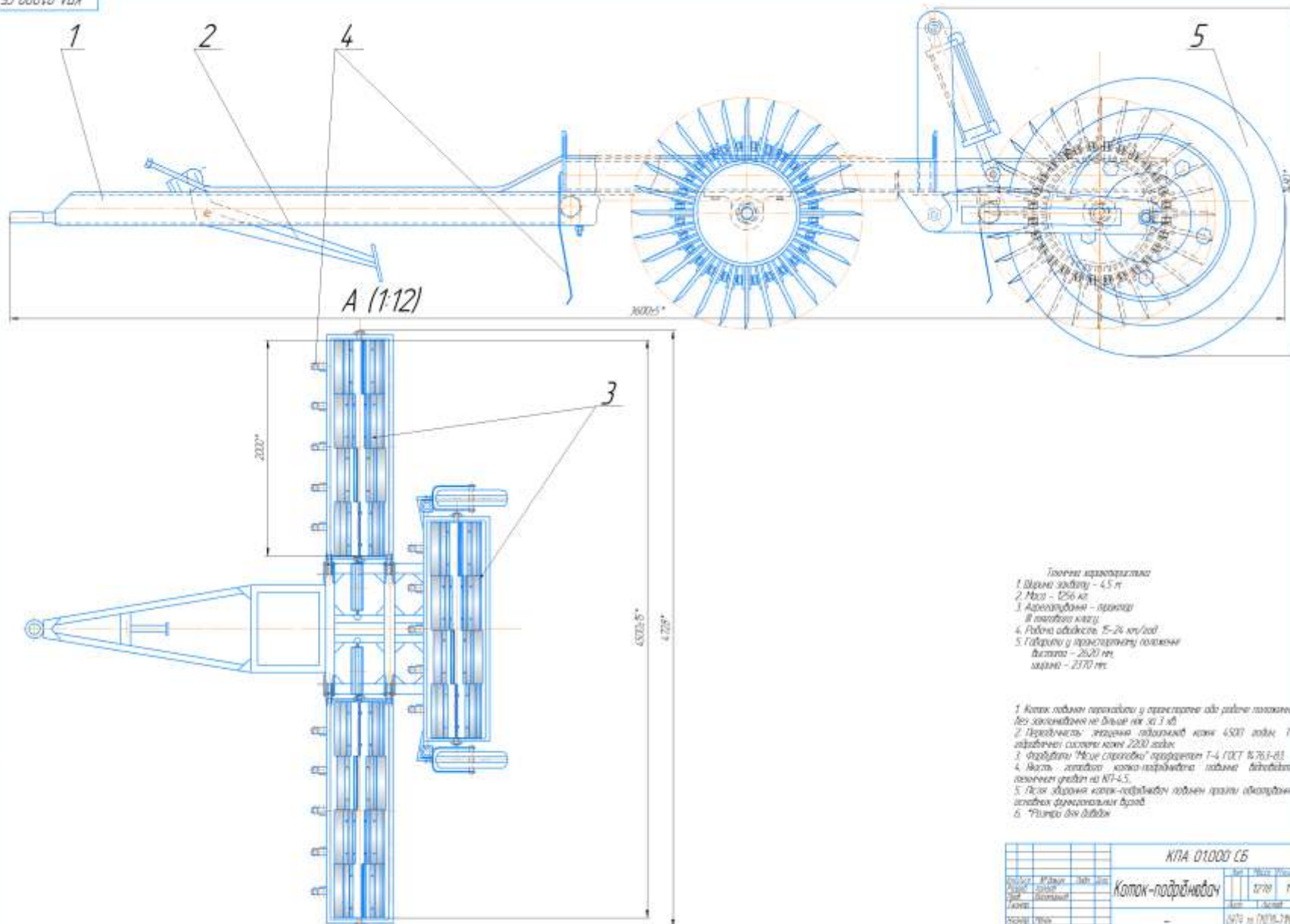


Рис. 3. Залежність питомої енергоємності (E_1) та (E) від кута γ

Загальний вигляд подрібнювача КП-4,5

КПА 01000 ВДН



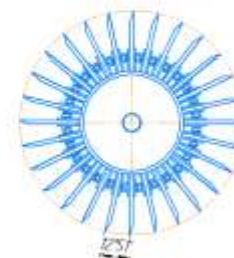
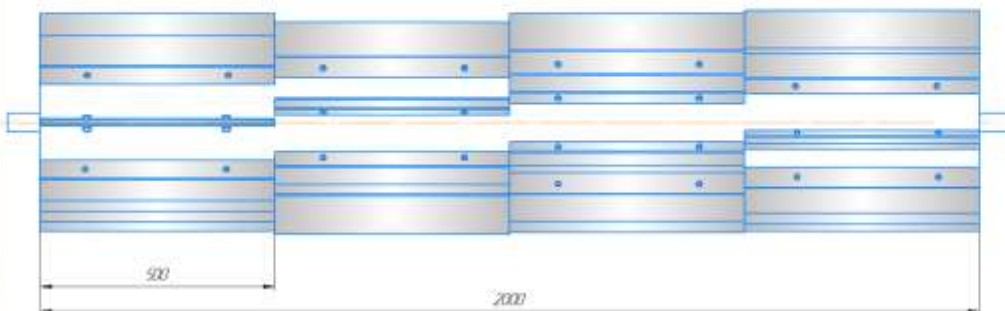
Технічні характеристики
 1. Ширина захвату - 4,5 м
 2. Маса - 1256 кг
 3. Адаптаційний - пристрій
 4. Рідина оброблює 5-26 кг/год
 5. Габарити у транспортному положенні
 висота - 2620 мм
 ширина - 2370 мм

1. Коток подрібнює парабензили у просторі між рідких полімерів
 без застосування не більше ніж 30 л/год
 2. Переміщує з'єднані подрібнені коти 4500 л/год, 10
 подрібнених коти 2200 л/год
 3. Подрібнює "Мікс" парабензили парабензили 1-4 ГОСТ № 761-83
 4. Коток - з'єднані коти подрібнювача подрібнює подрібнені
 парабензили з'єднані на КП-4,5
 5. Після з'єднання коти-подрібнювач подрібнює парабензили
 парабензили функціональні дрібні
 6. *Розмір для дрібних

КПА 01000 СБ				Коток-подрібнювач		1278	15
Виробник	Місце	Датум	Версія	Лист	Всього	1	1
Коток	Місце	Датум	Версія	Лист	Всього	1	1
Коток	Місце	Датум	Версія	Лист	Всього	1	1

Розроблений коток

КПА 03.000 СБ

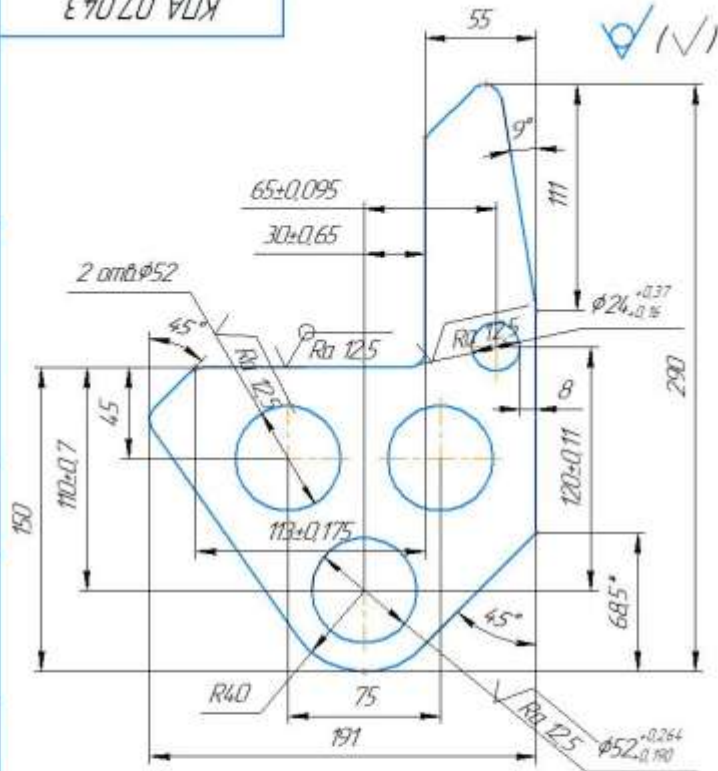


1. Розміри дані в міліметрах
2. Заданий поверхня: фарфуровані чорний антрацит
ГОСТ 151-70 Т 6465-76
3. Круговий натяг: заготовки діаметром в межах критичного натягу (60-110 кг) для карбона до (розмір) 40-50 Т/м 14 - 5 кг/м
4. Фарфуровані ділянки після заготовки розділ
5. Жорсткість на вигині А-В не показана

				КПА 03.000 СБ		
				Коток		
				підприємства		
				-		
				ГОСТ 21.101-2011		
				арк. 4/2		

Деталювання котка

КПА 07.043



- Невказані радіуси R0mm
- Невказані граничні відхилення отворів H14, валів -h14, поверхонь за $\pm IT14/2$.
- Розміри для довідок.

КПА 07.043

Пластина

Б-ПН-0-8 ГОСТ 19903-74
Ст.зис ГОСТ 14637-89

Лист	Маса	Масштаб
126	11	

Лист 1

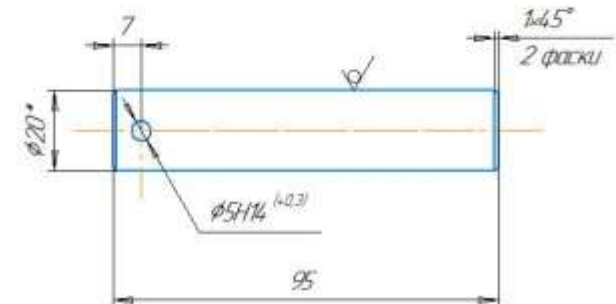
ЦНТУ, зр. А118-ЗСК

Копіюваль

Формат А4

КПА 06.613

$\sqrt{Ra 12.5}$



- Невказані граничні відхилення розмірів $\pm IT14/2$.
- Розмір для довідок.

КПА 06.613

Вісь

20-Н11 ГОСТ 7417-75
20-В-Г ГОСТ 1051-73

Лист	Маса	Масштаб
028	11	

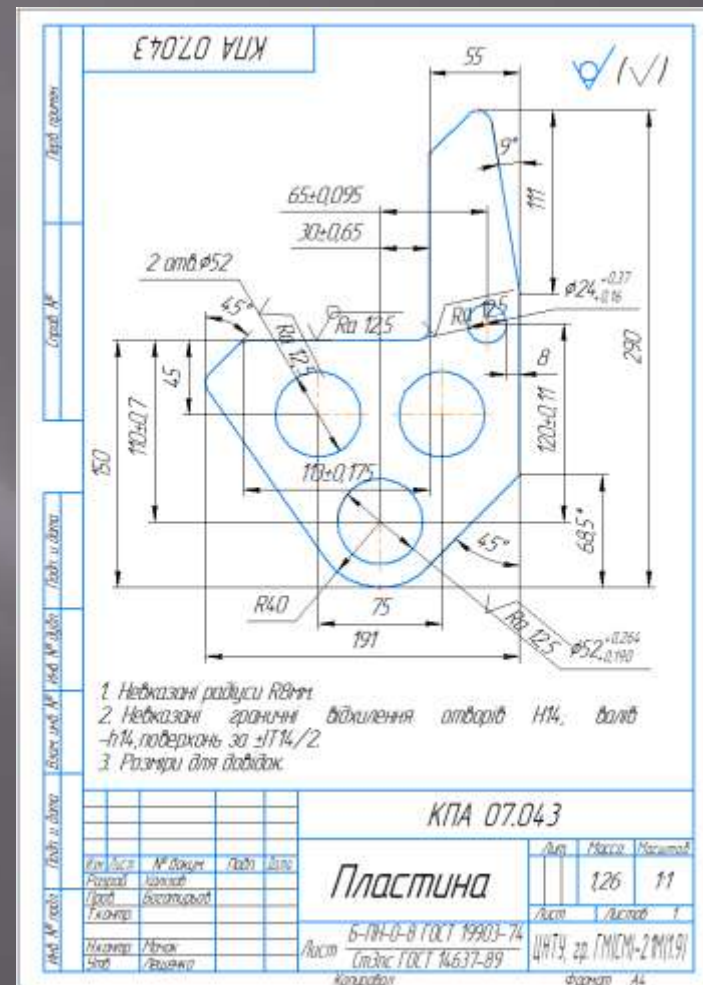
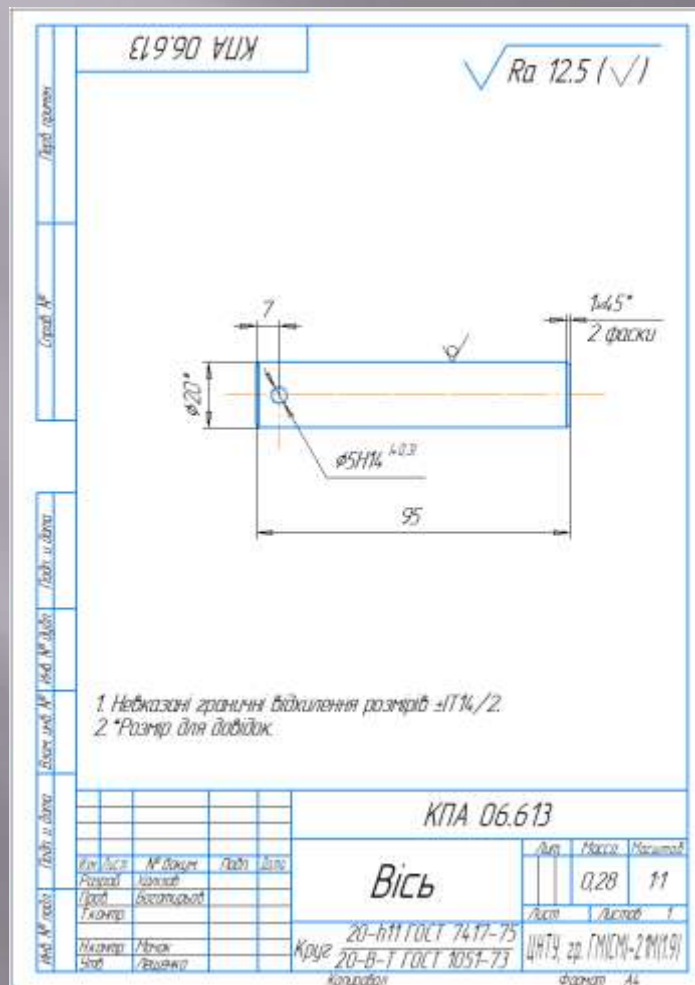
Лист 1

ЦНТУ, зр. А118-ЗСК

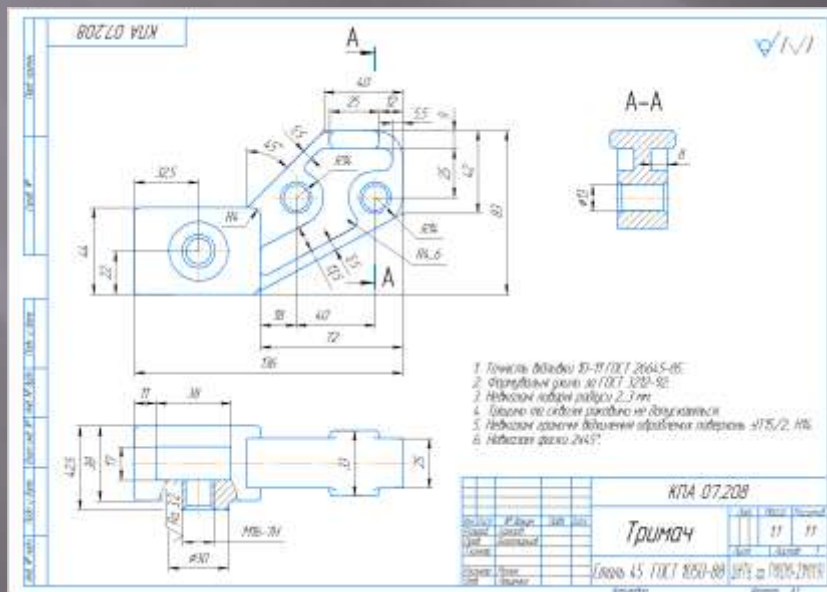
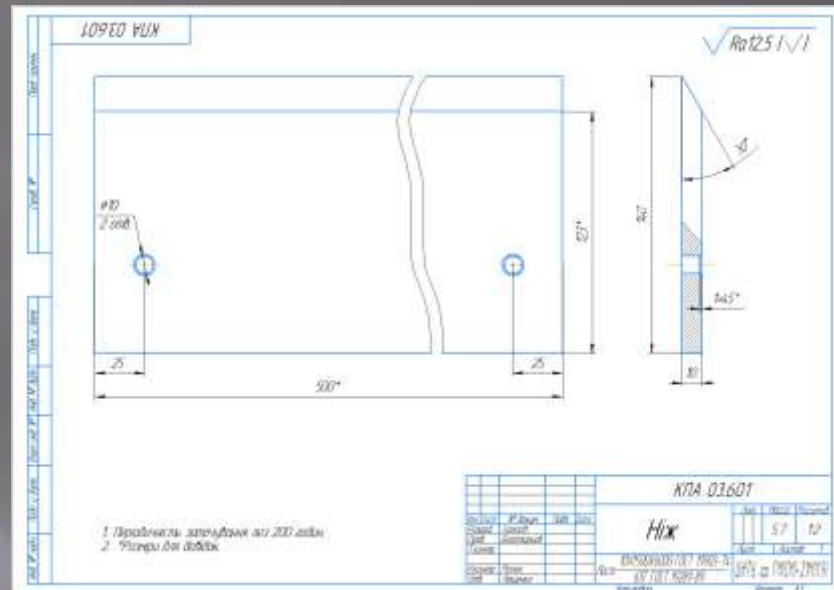
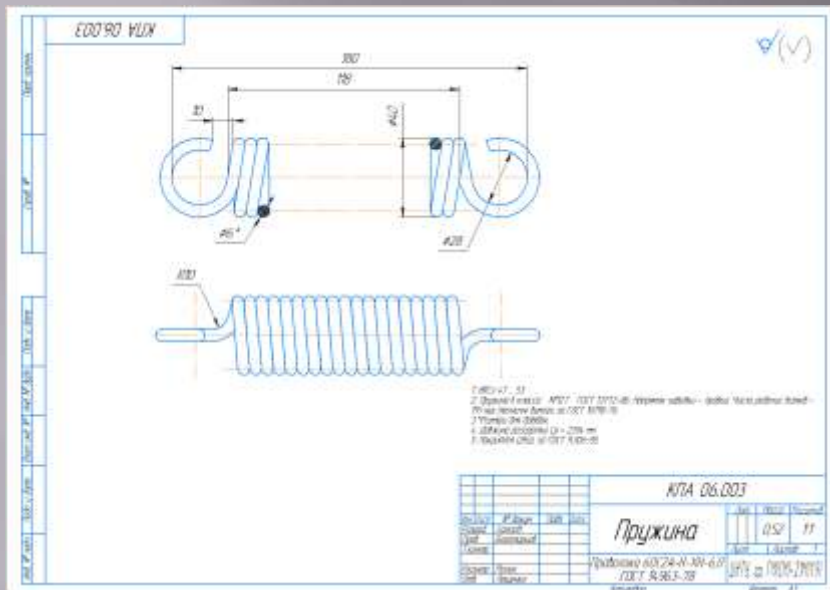
Копіюваль

Формат А4

Модернізовані деталі котка-подрібнювача КП-4,5



Модернізовані деталі котка-подрібнювача КП-4,5



□ ВИСНОВКИ

- 1. Наведений аналітичний огляд подрібнювачів дозволив встановити загальні шляхи вдосконалення існуючих конструкцій подрібнювачів для раціонального використання на території України. Одним з перспективних напрямів є ПРР з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу.
- 2. Запропоновано шляхи вдосконалення ПРР з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу, а саме: встановлення ряду ґрунтообробних робочих органів за подрібнювачем-розпушувачем. Переваги запропонованої конструкції подрібнювача-розпушувача рослинних решток — якісне подрібнення рослинних решток у відповідності до агротехнічних вимог покращення якості сілки і як наслідок підвищення врожайності, що підтверджено випробуваннями.
- 3. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція котка-подрібнювача є цілком працездатною і придатною до широкого використання за певних ґрунтових та кліматичних умов. А експериментально підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 24 км/год дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач з умови економії палива та підвищення продуктивності.
- 4. Користуючись наведеними формулами і графіками (п. 4.6), можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого котка котка-подрібнювача рослин в залежності від конкретних умов його роботи, а саме: виду сільськогосподарської культури, її врожайності і довжини різки. Мінімальна довжина різки становитиме 60–90 мм. За сприятливих умов при швидкостях з діаметрами до 10 мм потрібна сила тиску ножевого ротора на ґрунт має бути дорівнює 7 кН/м, при діаметрах 20–27 мм — 12 кН/м.
- 5. Для подальшого визначення тягового опору котка-подрібнювача при значеннях швидкості руху від 18 до 24 км/год доцільно враховувати силу опору повітря. Так як робочим органом є барабан з ножами, то необхідно враховувати зміню його площі проекції на площину перпендикулярну руху агрегату. Тому можливість теоретичного визначення еквівалентної проекції висоти в залежності від кутяного положення та кількості ножів дозволить встановити значення зусилля на подолання сили опору повітря котком-подрібнювачем. Наведені дослідження є основою для створення рівняння щодо визначення тягового опору безприводних подрібнювачів рослинних решток з горизонтальною віссю обертання робочих органів і потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів котка-подрібнювача.
- 6. Характер впливу зусилля різання залежить від співвідношення сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено що питома енергоємність може знижуватися при кутах нахилу ножа 250–400 в результаті зменшення витрат енергії на попереднє стиснення матеріалу. Основним фактором, що впливає на підвищення питомої енергоємності різання ножами з кутом нахилу більше 400, є зростання питомих енергетичних витрат на тертя ножа по матеріалу.
- 7. Конструктивне виконання подрібнювача та здійснення ним функціонального призначення відповідає вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з урахуванням:
 - – загальних вимог безпеки згідно з НПА ОП 0141-101-01;
 - – пожежної безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ ІЕС 80416-1:2005, ДСТУ ISO 3864-1:2005, та «Загальних правил пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва».
- Місця для зберігання техніки комплектуються засобами пожежогашіння у відповідності з вимогами правил пожежної безпеки. Організація та обладнання робочих місць для виконання зварювальних і догневих робіт, наплавлення і різання повинні відповідати вимогам ДСТУ 2448-94, ДСТУ 2456-94, ДСТУ 2489-94, ДНА ОП 0.00-5.11-85, ДНА ОП 0.03-1.06-73.
- 8. Запропонована технологія є ефективною, отримана річна економія в розмірі 28292.12 грн, зросла продуктивність праці за зміну на 50%, зменшено витрати пального на 28,1%, зменшено затрати на подрібнення рослинних решток на 34,4%.