

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

“ ____ ” _____ 2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему.

«Механізація вирощування озимого ріпаку з обґрунтуванням
параметрів коткового мульчувача рослинних залишків»

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи АІ-22МЗ(1,4)

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Трепак Олексій Сергійович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Володимир ОНОПА

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент професор СНАУ, докт.техн.наук

_____Олексій АЛФЬОРОВ

« ____ » _____ 2024 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

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

Трепак Олексій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Механізація вирощування озимого ріпаку з обґрунтуванням параметрів коткового мульчувача рослинних залишків**
2. Керівник роботи Онопа Володимир Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 20 січня 2024року
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності подрібнення рослинних залишків за рахунок удосконалення приводу та конструкції самих ножів. Враховуючи виробничі потреби ПП "АГРОДІМ-ЦЕНТР" м. Кропивницький.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Онопа В.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	До 1.12.23 р.	
2	Технологічна частина	20.12.2023 р.	
3	Наукова частина	27.12.2023 р.	
4	Охорона праці	28.12.2023 р.	
5	Економічна частина	28.12.2023 р.	
6	Висновок	28.12.2023 р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист роботи		

Дата видачі завдання

«___» _____ 202_ р.

Підпис керівника _____

Онопа В.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 202_ р.

Підпис здобувача _____

Трепак О.С.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

ВСТУП

Більшість вітчизняних виробників спалюють рослинні залишки 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 залишків (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 залишків. Для наших виробників найбільш простим шляхом її вирішення виявилось масове використання дискових ґрунтообробних знарядь. Як результат – руйнування структури поверхневих родючих шарів ґрунту, зминання 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 залишків (ПРР) [1, 3]. Метою даної роботи є спроба удосконалення конструкції мульчувача.

					МВК 00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Трепак			Вступ				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Онопа								5	1
									ЦНТУ,		
Н.контр.		Мачок							гр. АІ-22МЗ(1.4)		
Затв.		Лещенко									

Зміст

стор.

1. Вступ

2. Технологічна частина

3. Наукова частина

4. Охорона праці

5. Економічна частина

6. Висновки

Список використаної літератури

Додатки

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2. Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури

2.1. Розрахунок робочої частини МТА [3-7]

2.1.1. Вибір і обґрунтування складу агрегату

Рациональність агрегату розраховуємо з відповідністю трактора і коткового мульчувача та раціонального використання тягового зусилля трактора з робочим опором мульчувача. Приймавши марку трактора і діапазон робочих швидкостей з технічної характеристики трактора встановлюємо робочі передачі. Враховуючи вищевказані умови, розраховуємо тягове зусилля $P_{гак}$, теоретичні швидкості руху трактора на прийнятих передачах V_t .

2.2.2. Розрахунок агрегату

Враховуючи вище зазначені умови і агротехнічні вимоги до підготовки поля для висіву кукурудзи приймаємо трактор ХТЗ–1120 і мульчувач, допустима агротехнічна швидкість якої $V_p=7-22$ км/год; величина підйому $i=0,03$. Розраховуємо робочі передачі, при яких може виконуватись дана операція і відповідні цим передачам зусилля на гаку (розрахунок ведемо за мінімальною швидкістю):

$$V_m^{III} = 7,24 \text{ км/год}; P_{н.гак}^{III} = 14,0 \text{ кН};$$

$$V_m^{IV} = 8,9 \text{ км/год}; P_{н.гак}^{IV} = 14,0 \text{ кН};$$

Розраховуємо тягове зусилля трактора з урахуванням величини підйому поля:

$$P_{гак} = P_{н.гак} - G_{тр} \cdot i$$

Де $P_{н.гак}$ – номінальне тягове зусилля трактора на відповідних передачах, кН;

$G_{тр}$ – вага трактора, $G_{тр}=33,4$ кН;

i – величина підйому поля, $i=0,03$.

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

Отож,

$$P_{\text{зак}}^{\text{III}} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 = 13,0 \text{ кН};$$

$$P_{\text{зак}}^{\text{IV}} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 = 13,0 \text{ кН}.$$

Знаходимо максимальну ширину захвату на III і IV передачах:

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{зак}}}{K + R_i},$$

Де K – питомий опір мульчувача, $K = 1,5 \text{ кН/м}$;

R_i – додатковий опір на подолання підйому, кН/м :

$$R_i = \frac{G_M}{B_K} \cdot i$$

Де B_K – конструктивно визначена ширина захвату мульчувача, $B_K = 5,6 \text{ м}$;

G_M – маса мульчувача, $G_M = 11,0 \text{ кН}$.

Отож,

$$R_i = \frac{11,0}{5,6} \cdot 0,03 = 0,059 \text{ кН/м},$$

$$B_{\text{max}}^{\text{III}} = B_{\text{max}}^{\text{IV}} = \frac{13,0}{1,5 + 0,059} = 8,3 \text{ м}.$$

Розраховуємо тяговий опір агрегату:

$$R = (K + R_i) \cdot B_K \cdot n_c$$

Отримані раніше значення підставляємо у (2.5) і проводимо розрахунок

$$R_{\text{агр}}^{\text{III}} = R_{\text{агр}}^{\text{IV}} = (1,5 + 0,059) \cdot 5,6 \cdot 1 = 8,73 \text{ кН}.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta = \frac{R_{\text{агр}}}{R_{\text{зак}}}$$

Отримані раніше значення підставляємо у формулу (2.6) і проводимо розрахунок:

$$\eta_{\text{мз}}^{\text{III}} = \eta_{\text{мз}}^{\text{IV}} = \frac{8,73}{13,0} = 0,67.$$

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

Розраховуємо змінну продуктивність агрегату:

$$W_{зм} = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot T_p,$$

Де B_p – робоча ширина захвату мульчувача:

$$B_p = B_K \cdot \beta,$$

Де B_K – конструктивно визначена ширина захвату агрегату, $B_K=5,6$ м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату. $\beta=1,0$.

Отже,

$$B_p = 5,6 \cdot 1,0 = 5,6 \text{ м.}$$

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год:

$$V_p = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right),$$

де V_T – теоретична швидкість агрегату, $V_T^{\text{III}}=7,24$ км/год, $V_T^{\text{IV}}=8,9$ км/год;

δ – коефіцієнт буксування, $\delta = 12\%$.

Отже,

$$V_p^{\text{III}} = 7,24 \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 6,37 \text{ км/год};$$

$$V_p^{\text{IV}} = 8,9 \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 7,38 \text{ км/год};$$

T_p – чистий робочий час, год:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau,$$

Де $T_{зм}$ – час зміни, год. Приймаємо $T_{зм}=8,0$ год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau=0,8$ при довжині гонів 1000

м.

Отже:

$$T_p = 8 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ год.}$$

Отримані раніше значення використовуємо у подальших обчисленнях

$$W_{зм}^{\text{III}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 6,37 \cdot 6,4 = 22,83 \text{ га/зм};$$

$$W_{зм}^{\text{IV}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,38 \cdot 6,4 = 26,45 \text{ га/зм.}$$

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

Розраховуємо витрати палива на 1 га площі, кг/га:

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}},$$

Де $Q_{\text{зм}}$ – витрата палива за зміну, кг/зм;

$W_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність, га/зм.

$$Q_{\text{зм}} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z,$$

Де Q_p , Q_x , Q_z – відповідно годинні витрати палива при виконанні обробітку, холостому русі, на зупинках, $Q_p=15,4$ кг/год; $Q_x=9,7$ кг/год; $Q_z=1,9$ кг/год;

T_p , t_x , t_z – відповідно час робочих і холостих рухів, час зупинок:

$$t_x = t_z = \frac{T_{\text{зм}} - T_p}{2},$$

де $T_{\text{зм}}$ – час зміни, $T_{\text{зм}}=8,0$ год;

T_p – чистий робочий час, $T_p=6,4$ год.

Отже,

$$t_x = t_z = \frac{8 - 6,4}{2} = 0,8 \text{ год.}$$

Отримані значення використовуємо у подальших обчисленнях

$$Q_{\text{зм}} = 15,4 \cdot 6,4 + 9,7 \cdot 0,8 + 1,9 \cdot 0,8 = 107,08 \text{ кг/зм.}$$

$$Q_{\text{га}}^{\text{III}} = \frac{107,08}{22,83} = 4,69 \text{ кг/год;}$$

$$Q_{\text{га}}^{\text{IV}} = \frac{107,08}{26,45} = 4,05 \text{ кг/год.}$$

Аналізуючи виконані розрахунки приймаємо агрегат, що складається з трактора ХТЗ-1120 і мульчувача. Найефективніше агрегат буде працювати на IV передачі, додатковою буде III передача.

2.3. Підготовка поля до роботи[3-7]

Поле в стані після збирання агрокультури попередника.

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

2.3.1. Розрахунок поворотних смуг

Для гонових способів руху на кінцях загінок залишаємо смуги розвороту агрегату. Орієнтовну величину поворотної смуги при петльових грушовидних поворотах розраховуємо (рис. 2.1):

$$E = 3R_{min} + L_a ,$$

Де R_{min} – найменше із значень для радіусу повороту,;

L_a – кінематична довжина агрегату, м.

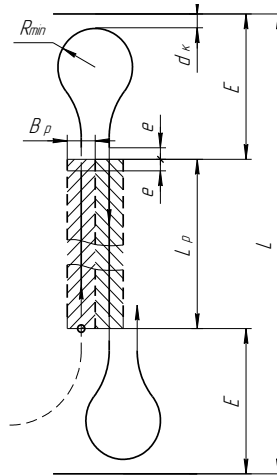


Рис. 2.1. Схема руху агрегату трактор+мульчувач у загінці
радіус повороту агрегату з колісного трактора та причіпною машиною приймаємо з умови:

$$R_{min} = 1,7 \cdot B_p = 1,7 \cdot 5,6 = 9,52 \text{ м.}$$

Кінематичну довжину агрегату розраховуємо за формулою:

$$L_a = L_{mp} + L_M ,$$

Де $L_{тр}$ – кінематична довжина трактора, $L_{тр}=0,94$ м;

L_M – кінематична довжина машини, $L_M=1,1$ м.

Отож,

$$L_a = 0,94 + 1,1 = 2,04 \text{ м.}$$

Отримані значення підставляємо у (2.14) і отримуємо:

$$E = 3 \cdot 9,52 + 2,04 = 30,6 \text{ м.}$$

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

Приймаємо ширину поворотної смуги кратною ширині захвату агрегату, щоб при наступному проходженні агрегат здійснював ціле число проходів

$$E = K \cdot B_p,$$

$$\text{Де } K = \frac{E}{B_p},$$

Отже

$$K = \frac{30,6}{5,6} = 5,46.$$

Приймаємо $K=5$.

Отже,

$$E = 5 \cdot 5,6 = 28 \text{ м.}$$

Величина поворотних смуг при петльових грушовидних поворотах становить 28 м.

2.3.2. Розрахунок довжини виїзду агрегату

Довжина виїзду агрегату залежить від розміщення робочих органів відносно центра агрегату. При використанні задньої навіски вона визначається за виразом:

$$e = 0,1 \cdot L_a.$$

Отже,

$$e = 0,1 \cdot 2,04 = 0,2 \text{ м.}$$

2.3.3. Розрахунок ширини заїмки

Раціональну ширину заїмки при русі всклад і врозгін визначають за формулою:

$$C_{onn} = \sqrt{LB_p + 16R_{min}^2},$$

де L - довжина заїмки, м;

B_p - робоча ширина захвату агрегату, м;

R_{min} - найменше із значень для радіусу повороту, м.

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

Таким чином

$$C_{onm} = \sqrt{1000 \cdot 5,6 + 16 \cdot 9,52^2} = 83,97 \text{ м.}$$

Кількість проходів агрегату при проході однієї заїнки

$$n = \frac{C_{onm}}{B_p} = \frac{83,97}{5,6} = 14,99.$$

Приймаємо $n=15$. Тоді

$$C = n \cdot B_p = 15 \cdot 5,6 = 84 \text{ м.}$$

Кількість заїнок

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C},$$

де F – площа поля, $F=85$ га;

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 85}{1000 \cdot 84} = 10,12 \text{ шт.}$$

Приймаємо на одному полі 9 заїнок шириною $C_{1-9}=84$ м і 1 заїнку шириною $C_{10} = C_1 \cdot 1,12 = 94$ м.

Коефіцієнт робочих ходів

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x},$$

де L_p, L_x – середнє значення робочої довжини заїнки і холостого ходу.

Для човникового способу руху.

$$L_p = L - 2 \cdot E;$$

$$L_x = 6R + 2 \cdot l,$$

де l – довжина виїзду агрегату

$$l = 0,5L_a = 0,5 \cdot 2,04 = 1,02 \text{ м;}$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 28 = 944 \text{ м;}$$

$$L_x = 6 \cdot 9,52 + 2 \cdot 0,2 = 57,52 \text{ м.}$$

Тоді

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

$$K_p = \frac{944}{944 + 57,52} = 0,94.$$

Коефіцієнт близький до одиниці, що вказує на високе використання робочого часу.

2.5.4. Розрахунок показників організації виконання операції

Розраховуємо тривалість одного циклу за формулою:

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2 \cdot t_n,$$

Де t_n – час повороту в кінці загінки, $t_n = 1,5$ хв.

$$T_u = \frac{12 \cdot 944}{10^2 \cdot 7,37} + 2 \cdot 1,5 = 18,37 \text{ хв} \approx 0,306 \text{ год.}$$

Розраховуємо технічну продуктивність за цикл

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_u \cdot \tau,$$

де τ – коефіцієнт використання робочого часу циклу, $\tau = 0,8$.

$$W_u = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,37 \cdot 0,306 \cdot 0,8 = 1,01 \text{ га/цикл.}$$

Кількість циклів за зміну

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u},$$

$$n_u = \frac{26,75}{1,01} = 26,5 \text{ цикл/зм.}$$

Витрати палива за зміну

$$Q_{зм} = Q_{га} \cdot W_{зм},$$

$$Q_{зм} = 6,98 \cdot 25,12 = 175,34 \text{ кг/зм.}$$

На основі проведених розрахунків заповнюємо операційну карту.

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

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

Подрібнювачі рослинних залишків на поверхні поля після збирання врожаю є Знаряддями, 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 залишків 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 залишків є першорядним завданням в системі забезпечення раціональних способів обробітку ґрунту. На підставі аналізу існуючих конструкцій котків-мульчувачів та дослідних зразків окремих їх секцій і результатів випробування науковцями кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ розроблена удосконалена конструкція машини (рис. 3.1). аналогічного призначення, яка досить позитивно зарекомендувала себе у виробничих умовах аграрних підприємств Кіровоградської області. Знаряддя має жорстку центральну раму поєднану в одне ціле з причіпним пристроєм 1 (рис. 3.2). 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

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

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



Рис.3.1. Мульчувач для подрібнення рослинних залишків

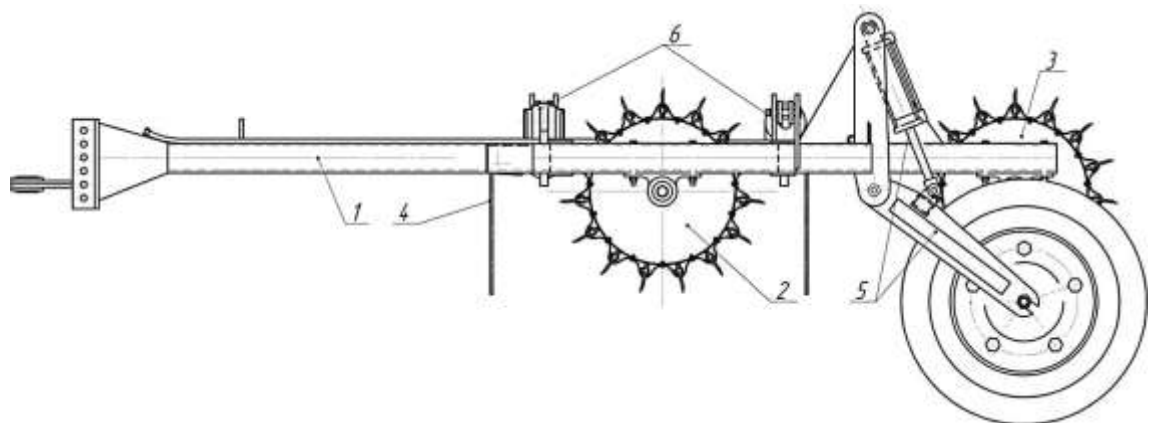


Рис.3.2. Мульчувача рослинних залишків:

- 1 – причіпний пристрій; 2 – передні роторні барабани; 3 – задній роторний барабан; 4 – граблі напрямники рослинних залишків;
5 – механізми переведення мульчувача в транспортне положення;
6 – гідравлічні циліндри для 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

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

циліндричній поверхні барабана болтовими з'єднаннями. Відстань між ножами по діаметру барабана, а отож і задана довжина подрібнених рослинних залишків становить 17 см. З метою покращення рівномірності подрібнення рослинних залишків конструкція мульчувача 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 залишки і орієнтувати їх перпендикулярно до дії ножів. Таким чином і забезпечується краща рівномірність подрібнення.

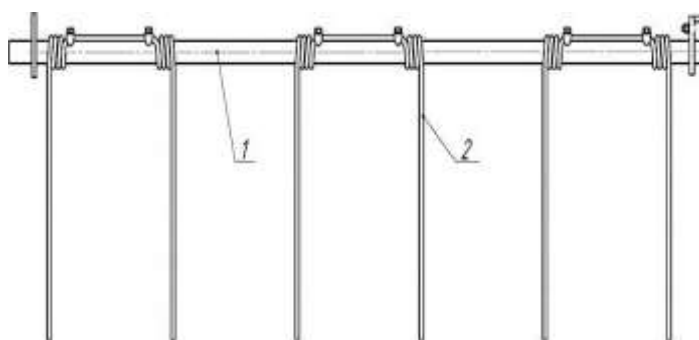


Рис. 3.4. Граблини-напрямники мульчувача

Перебивання рослинних залишків відбувається за принципом підпорного різання. Функцію опори в даному випадку виконує ґрунт. Очевидно, що для виконання даного процесу необхідна значна маса машини. Конструктивно визначена маса мульчувача становить 3,1 т, але для якісного подрібнення стеблин 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 залишки, становить понад 1,2 т. Мульчувач здатний працювати на швидкостях до 25 км/год і забезпечувати експлуатаційну продуктивність до 10 га/год.

Котки-подрібнювачі мають досить просту конструкцію, але є занадто металомісткими, без чого вони не можуть виконувати технологічний процес.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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 мульчувачами, значно менша. Отож, цілком імовірним є ефективне використання котків-мульчувачів, як мінімум, при подрібненні рослинних залишків після збирання соняшнику. Враховуючи те, що під вирощування даної культури в Україні відводяться досить великі площі, то розробка конструкцій вітчизняних котків-мульчувачів 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» та багатьма іншими (рис. 3.2). 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 урахуванням фізико-механічних властивостей частинок ґрунту і рослинних залишків при їх взаємодії.

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

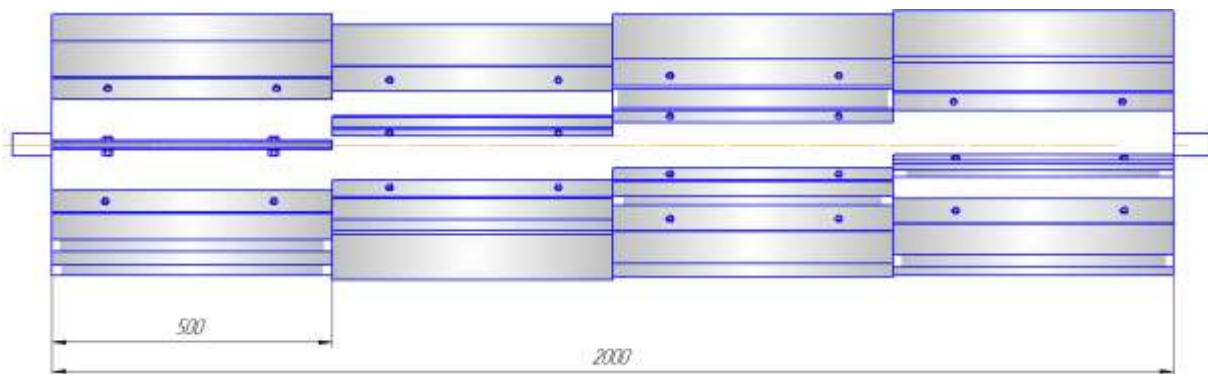
Наведений аналітичний огляд мульчувачів дозволив встановити загальні шляхи вдосконалення існуючих конструкцій мульчувачів для раціонального

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

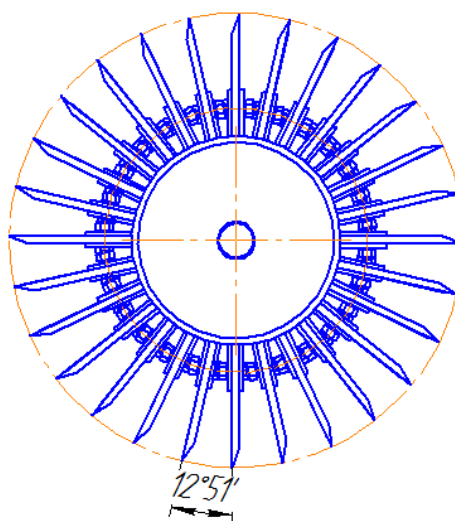
використання на території України. Шляхи вдосконалення роботи мульчувача з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу. Розробка належить до галузі сільськогосподарського машинобудування і може бути використаний для подрібнення рослинних залишків кукурудзи, соняшнику, ріпаку, овочів, інших культур та рослин з одночасним розпушуванням поверхневих шарів ґрунту. Подрібнювачі рослинних залишків, які включають водоналивний мульчувач з подрібнюючими ножами та раму зі сницею відомі [1-3]. Вони використовуються для подрібнення рослинних залишків після збирання попередника на полях, де застосовують технології мінімального обробітку ґрунту. Довжина подрібнених рослинних залишків залежить від кроку розташування ножів на барабані та їх орієнтації відносно напрямку руху мульчувача. Недоліками таких мульчувачів є те, що водоналивний мульчувач не надає достатнє зусилля для різання рослинних залишків. Наявність на полі рослинних залишків, 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 залишків за рахунок зміни довжини та способу розташування ножів на поверхні барабану мульчувача.

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 мульчувача рослинних залишків.

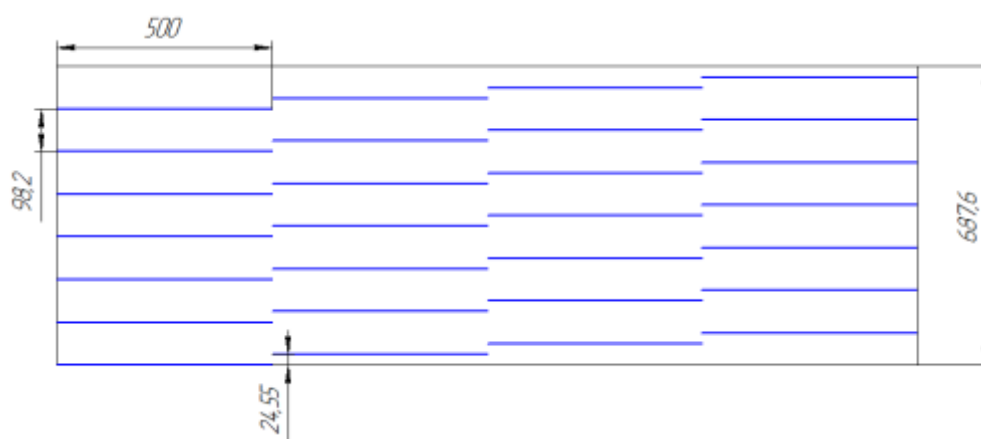
					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



а



б



в

Рис. 3.4. Модернізований робочий орган:

а – головний вигляд; б – вигляд з боку;

в – розгортка розташування ножів на поверхні барабана.

Переваги запропонованої конструкції мульчувача рослинних залишків:

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		16

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

3.2. Аналітичний спосіб визначення енергетики процесу подрібнення рослинних залишків

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

Питання визначення тягового опору технічних засобів для подрібнення рослинних залишків 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 залишків 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 мульчувачів рослинних залишків 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 мульчувач з лезами, що рухається поверхнею поля з хаотично

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						17
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 залишків є однаковим;
- питомий опір ґрунту є сталим;
- повітряний потік направлено проти ходу агрегату і паралельно горизонту.

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

Використаємо рівняння Лангранжа другого роду для складання диференційного рівняння руху мульчувача:

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

де E_k – кінетична енергія системи, Дж;

x – узагальнена координата, м.

Кінетичну енергію E_k визначимо за теоремою Кеніґа

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

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

де m_k – маса мульчувача, кг;

v_k – швидкість руху мульчувача, м/с;

I_k – момент інерції обертання рухомих вузлів мульчувача, кг·м²;

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

З урахуванням конструктивних особливостей представимо кінетичну енергію наступним виразом:

$$E_k = j \cdot E_6 + E_1,$$

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

E_1 – кінетична енергія частин мульчувача, яка рухається поступово, Дж;

j – кількість робочих органів, шт.

Підставляючи значення E_6 та E_1 вираз отримає вигляд:

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

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

m_1 – маса мульчувача, яка рухається поступово, кг;

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

r_6 – радіус мульчувача 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:

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

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

Виражаємо роботу сил, які діють під час переміщення мульчувача (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 залишків подрібненню, котком з лезами Н;

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

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

k – кількість котків з лезами на подрібнювачеві, шт.

Для подальшого визначення роботи необхідно встановити аналітичні залежності складових рівняння.

Виконуючи процес подрібнення барабан з ножами чинить опір повітря 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 мульчувача є прямопропорційним швидкостям руху агрегату та повітря.

Для точного визначення тягового опору мульчувача 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 мульчувача у польових умовах, а саме рух

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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).

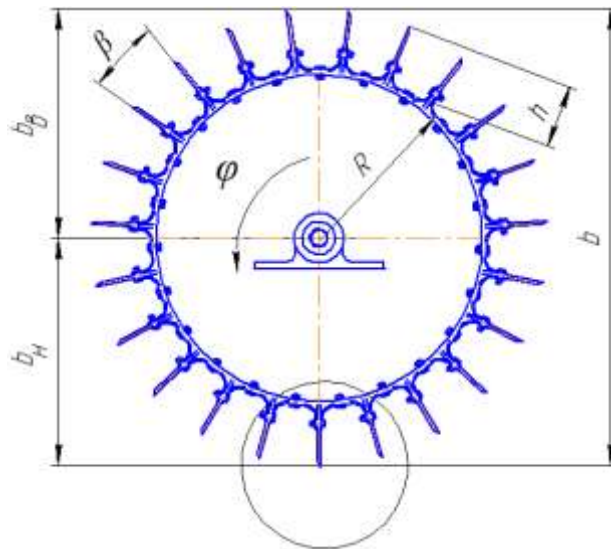


Рис. 3.3 Схема розташування ножів:

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

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

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

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

де R – радіус барабану, м;

h – висота ножа, м.

Під час роботи мульчувача з певною кількістю 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_e на вісь OY набуває значення $b_n = b_e$.

Розглянемо випадок з непарною кількістю ножів на барабані мульчувача.

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

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

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

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

Аналогічно, під час роботи мульчувача з певною кількістю ножів z може виникнути випадок, коли поверхню барабану видно за ножів $b_n < R$, то приймається $b_n = R$.

Конструктивно на барабан мульчувача ножі встановлюються таким чином, щоб випадок коли $b_e < R$ та $b_n < R$ був не можливим.

В загальному випадку для парної та не парної кількості ножів z проекція висоти перетину барабану з ножами представлено аналітичною залежністю:

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

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

Для подальших розрахунків використовувати вищенаведену залежність не є доцільним за неможливості встановлення початкового кутового положення барабана з ножами, а необхідні довизначення з урахуванням

похибок розрахунку дають можливість ввести еквівалентну проекцію висоти його перетину.

Розраховуємо еквівалентну висоту $b_{ек}$ для

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

Для парної кількості ножів

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

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

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

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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 $\varphi = \frac{\pi}{z}$:

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

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

При парній кількості ножів

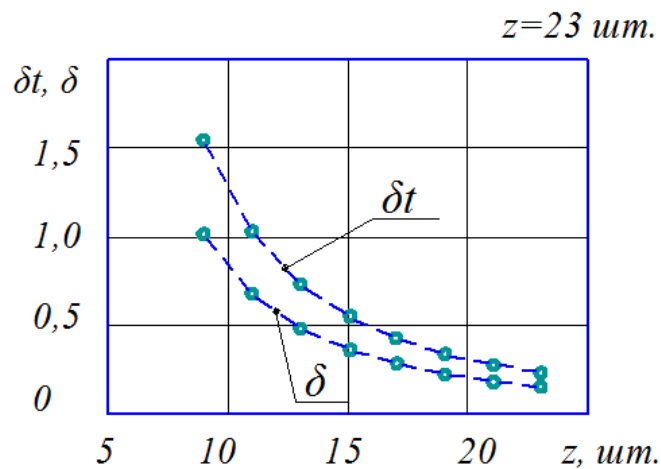
$$\delta_T = \left| 1 - \frac{2 \cdot (h+R) \cdot \cos 0^\circ}{2 \cdot (h+R) \cdot \cos \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\% = \left| 1 - \frac{1}{\cos \frac{\pi}{z}} \right| \cdot 100\%.$$

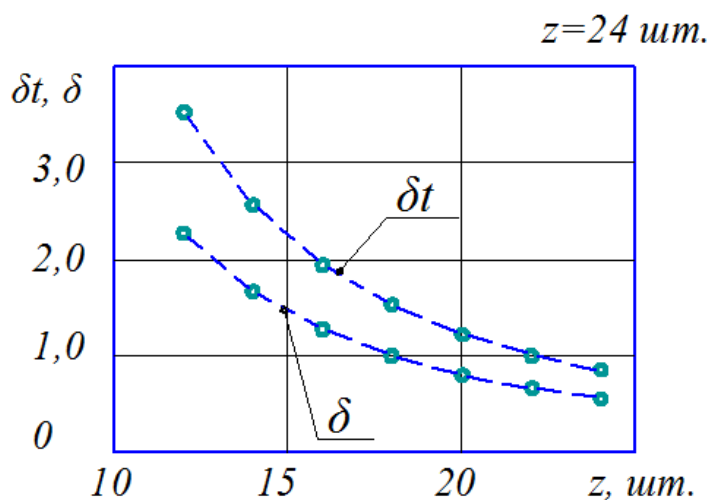
При непарній кількості ножів

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

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

Графічні інтерпретації (рис. 3.6) результатів досліджень впливу врахування еквівалентної проекції висоти b_{ek} 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.) $\delta = 2,2\%$, $\delta_T = 3,5\%$.





б

Рис. 3.6. 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;

а – непарна кількість ножів ($z=11-23$ шт.);

б – парна кількість ножів ($z=10-24$ шт.).

Враховуючи формули зусилля на подолання опору повітря можна визначити як

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

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;

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

Для подальшого визначення тягового опору мульчувача 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 мульчувачів рослинних залишків з горизонтальною віссю обертання робочих органів і потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів мульчувача.

2.2.2. Обґрунтування показника енергоємності процесу

Основним критерієм процесу перерізання рослин та їх стеблин прийнято питому енергоємність [5-6]. Розглянемо процес роботи мульчувача. Під час руху агрегату циліндричні котки з розміщеними на їх поверхні плоскими ножами спочатку притискають стеблини до ґрунту, а потім перерізають під дією власної ваги. Процес різання починається при значенні кута нахилу ножа γ в межах 0^0-45^0 , а при збільшенні кута – рослинні залишки не перерізаються, причому енергія витрачається лише на тертя ножа по по ним. При значенні кута $\gamma=0^0$ 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 мульчувача (рис. 3.7) 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):

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

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

$$P_3 = N_3 \cdot f_3,$$

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 стеблини (рослинної залишки) відповідно: по фасці, різальній кромці та плоскій грані ножа;

β – кут загострення ножа, град;

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

Під час виконання процесу подрібнення стеблин 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_0 – робота на подолання котком сили опору повітря, Дж.

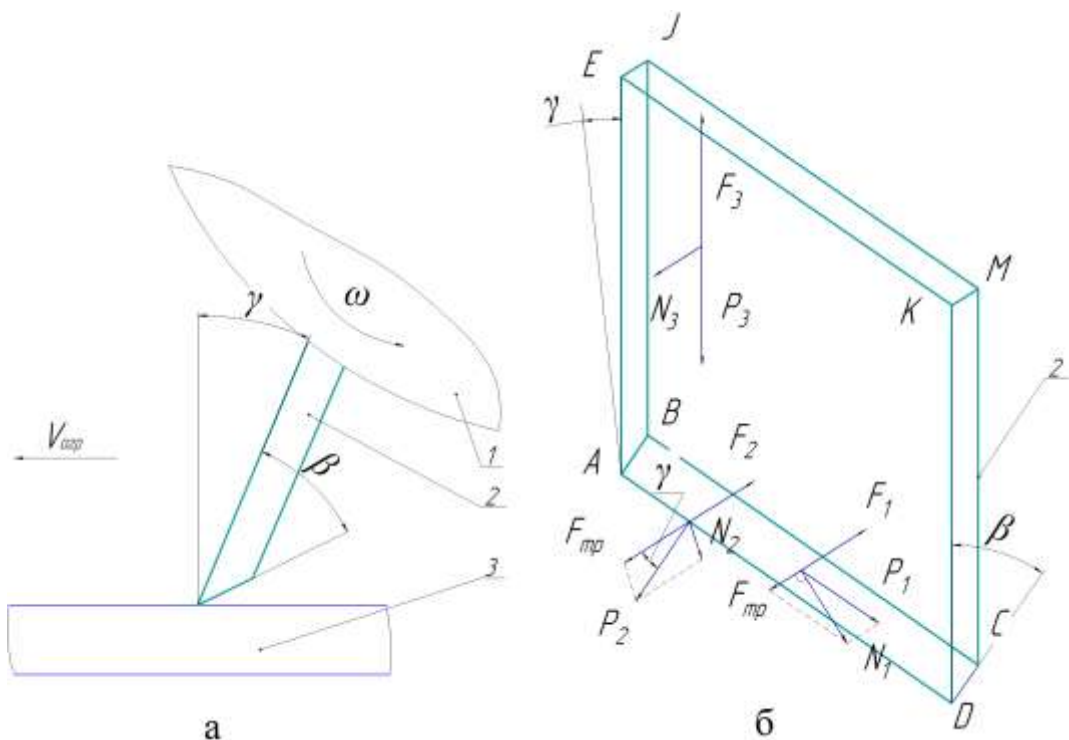


Рис. 3.7. Розрахункова схема:

а – схема руху мульчувача; б – схема сил, що діють на ніж

1 – мульчувач; 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. Гарячкіна [9]

$$P_c = K \cdot S_1,$$

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

S_1 – переміщення ножа, м.

В момент прикладання леза до стеблини (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, m^2 .

Площею S_m будемо вважати суму площин поперечних перетинів стеблин рослин або їх залишків, яка знаходиться у площині різання. Під час обертання мульчувача з ножами розташування на поверхні поля стеблин та залишків рослин є хаотичним. Кількість стеблин та залишків, 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 в залежності від кута нахилу ножа γ . Питому енергію необхідну для стиснення матеріалу визначимо за допомогою формули.

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

де – діаметр стеблини, м.

Аналізуючи графічні залежності (рис. 3.8), 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 $P_2 > P_1$.

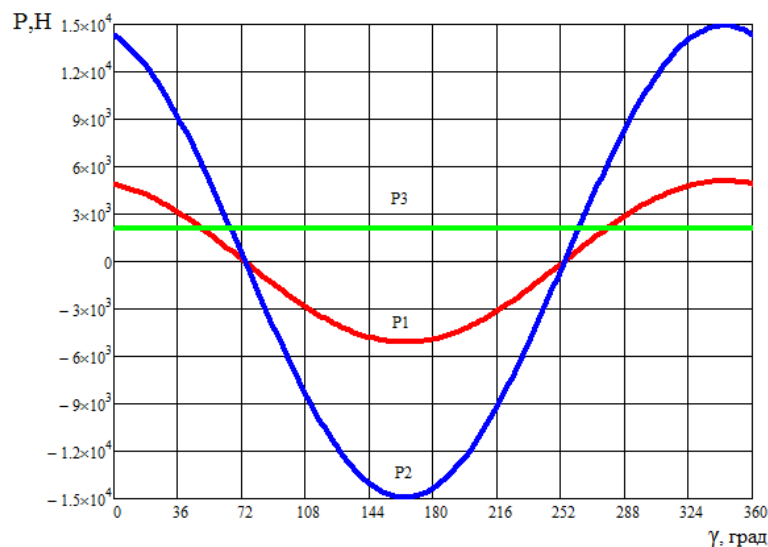


Рис. 3.8. Залежність складових сил різання (P_1 , P_2 , P_3) від значення кута γ

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. 3.9).

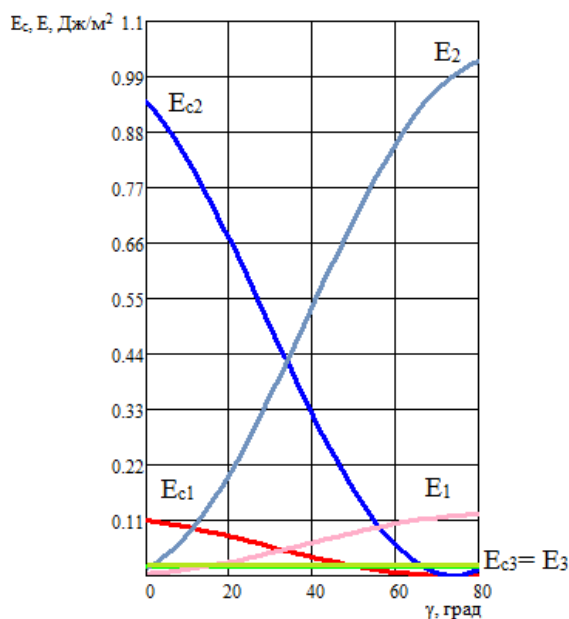


Рис. 3.9. Залежність питомої енергоємності (E_c) та (E) від кута γ

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.

3.3. Експериментальні дослідження

3.3.1. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху

Метою проведення польових випробовувань є перевірка якості виконання процесу подрібнення рослинних залишків кукурудзи в господарських умовах.

Завдання дослідження: 1) визначити кількість та розмірність рослинних залишків на 1 м^2 поля;

2) визначення кількості та розмірність частин подрібнених стеблин соняшника на 1 м^2 поля.

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

Випробовування мульчувача проводили на полях Кіровоградської області в Кропивницькому районі на полі площею 4,1 га після збирання соняшнику. Умови проведення випробовувань є середньостатистичними в районі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. – Умови проведення випробовувань

№ п./п.	Параметр	Одиниця виміру	Значення
1.	температура навколишнього середовища	°C	+13
2.	вологість повітря	%	89
3.	культура	-	соняшник
4.	міжряддя між стеблинами	См	75
5.	діаметр стеблин (соняшнику)	Мм	12-19
6.	відстань між стеблинами у рядку	См	22
7.	маса рослинних залишків	кг/м ²	0,72
8.	потужність двигуна трактора	к.с.	130
9.	агрегатування мульчувача	-	причіпний
10.	швидкість руху агрегату	км/год	19-24
11.	ширина захвату	м	4,5

Результати дослідження. На площі поверхні поля, яка обмірювалась дерев'яною рамкою 1x1 (м), знімали з поверхні поля всі рослинні залишки, 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 залишків кукурудзи за довжиною *l*

(рис. 3.9). Отримана графоаналітична залежність вказує, що більшість рослинних залишків кукурудзи мали довжину в діапазоні 40-80 см.

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

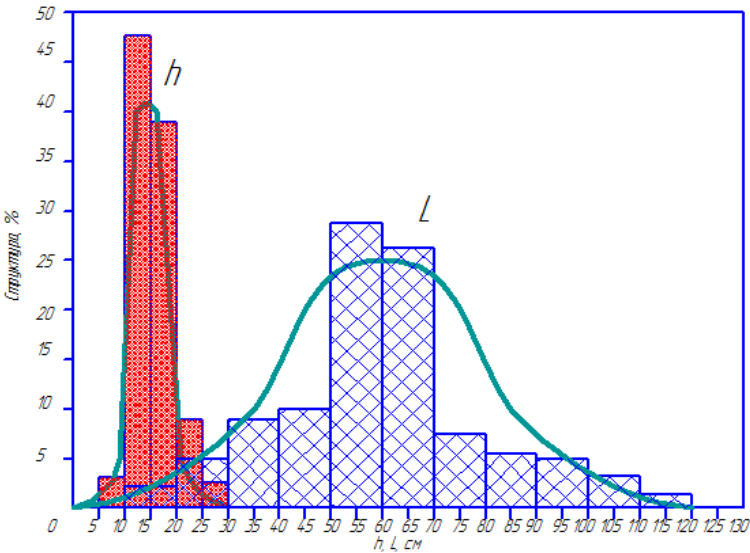
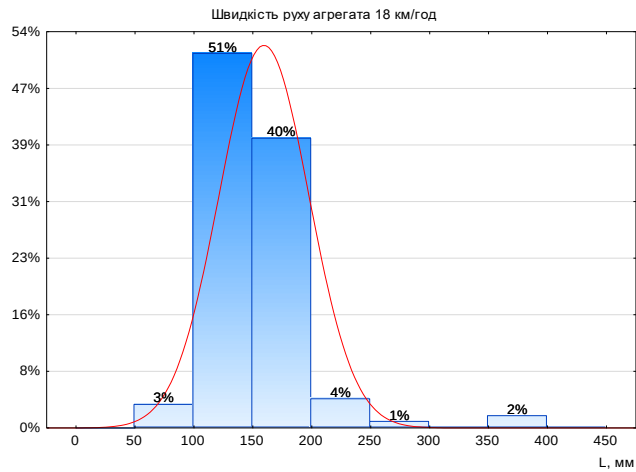
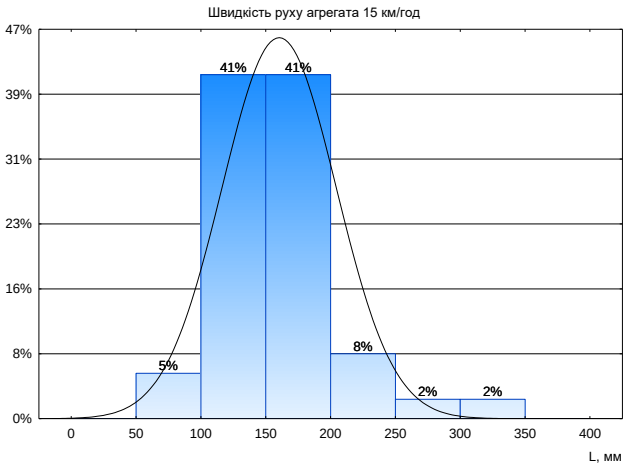
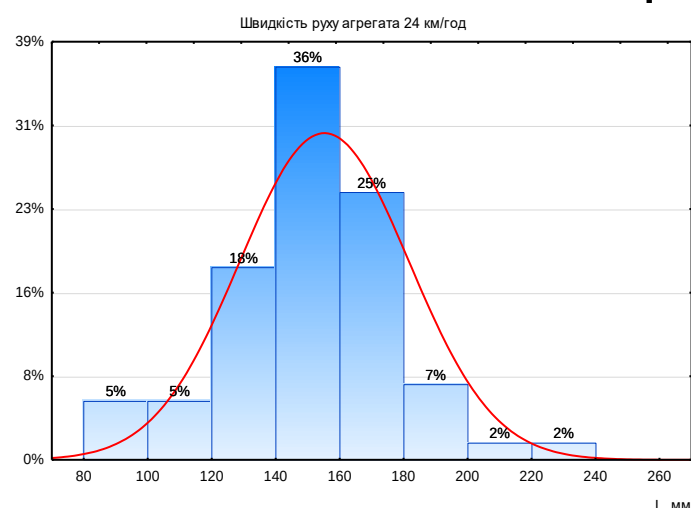
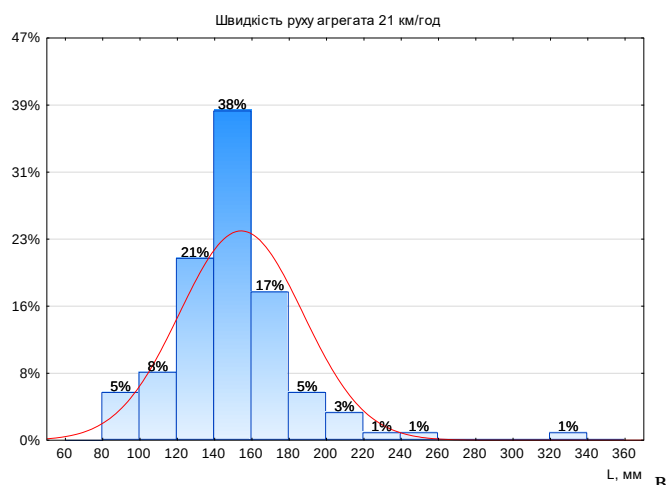


Рис. 3.9. Аналіз геометричних розмірів рослинних залишків кукурудзи до подрібнення (L) та після (h) на поверхні поля.





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. 3.10. Результати експериментальних досліджень.

Аналіз графічних залежностей розподілу залишків стеблин кукурудза за довжиною L після обробітку (рис. 3.10, а-б) показав, що найбільша кількість залишків має довжину 100-200 мм. Дана довжина пояснюється тим, що відстань між ножами мульчувача становить 150 мм. Збільшення швидкості агрегата забезпечує подрібнення рослинних залишків на менші розміри. Тобто кількість рослинних залишків довжиною до 150 мм збільшується, а з розмірами більше за 200 мм – зменшується. Також слід відмітити зменшення пропущених та неповністю подрібнених рослинних залишків. Експериментально визначений діапазон швидкостей від 15 до 24 км/год враховує особливості роботи мульчувача 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 мульчувача та механізм зчіпки трактора.

Висновки. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція мульчувача 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 мульчувач 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 подрібнювана при наявності впливу фактора розташування стеблин соняшнику були вибрані і попередньо очищені від зайвих залишків рядки. стеблини 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 стеблинами - (90°) та самий негативний випадок - лежачі стеблини (0°). За показник якості був прийнятий відсотковий вміст в загальнім об'ємі подрібнених стеблин рослинних залишків розмірами < 100 мм. Попередньо була визначена маса стеблини та підраховано кількість стеблин соняшнику у рядку. При визначенні маси стеблин враховувалась їх вологість, розміри [7-8].

Вплив взаємного розташування ножів роторів і стеблин в момент їх контакту на якість подрібнення перевірявся по двох варіантах: при збігві вісі ротора з віссю рядка та розташуванні вісі ротора по середині міжряддя. Аналіз результатів свідчить про те, що різниця між значеннями якісних

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

показників при різному взаємному розташуванні ножів роторів і рядків стеблин в момент їх контакту незначна і знаходиться в межах статистичної похибки. Отож приділяти особливу увагу узгодженню положення і кількості робочих органів відносно поздовжньої вісі рядків не варто. Для мульчувача цей фактор не є впливовим із-за того, що подрібнення відбувається в результаті перебивання залишків ножами після притискання їх до ґрунту.

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

Використання додаткових робочих органів – граблин при всіх варіантах розташування стеблин в просторі забезпечує незначне, але стабільне підвищення показника подрібнення (2-3%). Більш значний ефект від їх використання (до 5%) спостерігається при подрібненні лежачих стеблин. 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].

Встановлення граблин попереду барабану з ножами дозволяє обернути стеблини таким чином, щоб зменшити поперечний перетин перерізу стеблини. Аналіз відеофіксації процесу подрібнення показує, що граблини орієнтують стеблини під кутами 82° - 102° 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].

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

3.3. Силовий аналіз механізмів і розрахунок деталей та вузлів на міцність

3.3.1. Вибір підшипників

Для осей котків встановимо шарикопідшипники закритого типу 8108 ГОСТ 7242-81. Розраховуємо 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 $V=K_\sigma=K_t=1,0$.

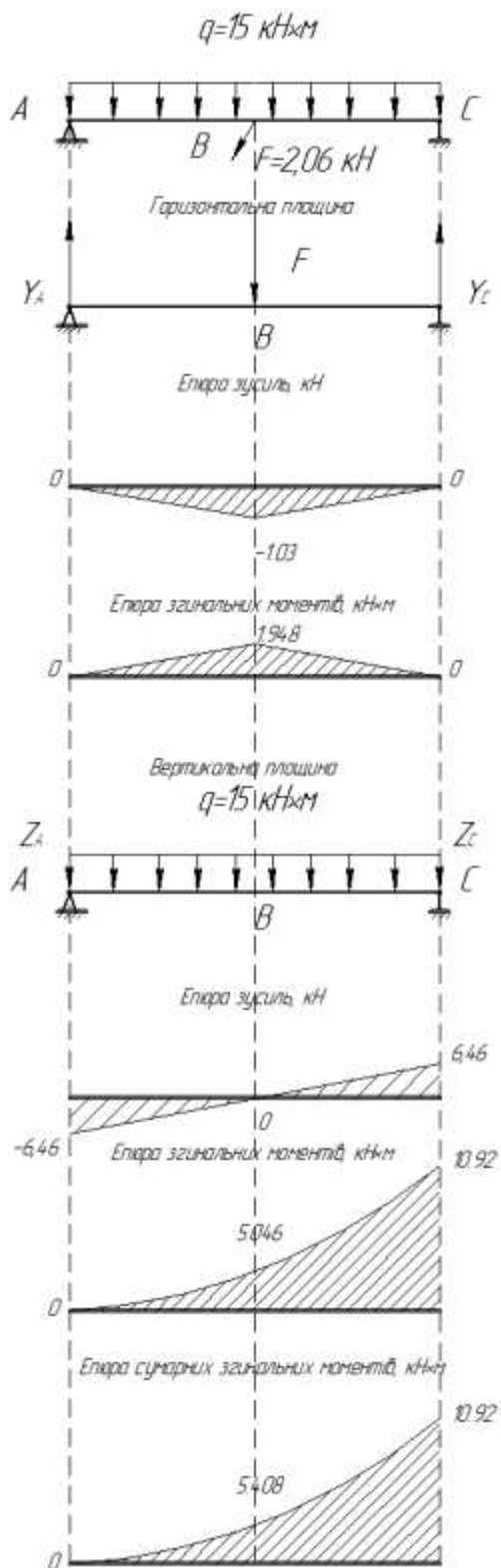
Вибираємо коефіцієнти X та Y . Відношення $\frac{F_0}{C_0} = \frac{2.06}{9.3} = 0.221$, з табл. 6.1 [12], $e=0,221$, $X=0,56$ та $Y=1,15$.

Знаходимо еквівалентне навантаження

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_0) \cdot K_\sigma \cdot K_t = (0,56 \cdot 1 \cdot 1,74 + 1,15 \cdot 2,06) \cdot 1 \cdot 1 = 1,213 \text{ кН}$$

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.

3.3.2. Розрахунок осі підшипник барабану.



Розглядаємо зусилля у 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

$$Q_A = Y_A;$$

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

згинальні 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

$$Q_B = Y_A - F;$$

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

згинальні моменти

$$M_y = Q_y \cdot x$$

$$M_C = 0;$$

Визначаємо зусилля в вертикальній площині.

Значення реакцій

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

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

зусилля

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

згинальні моменти

$$M_z = Q_z \cdot x$$

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

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

зусилля

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

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

згинальні моменти

$$M_z = Q_z \cdot x$$

$$M_C = 10,92 \quad \text{кН.м};$$

Сумарні згинальні моменти

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

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

Розрахункові діаметри в характерних точках

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

Приймаємо діаметр під підшипник 40 мм.

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

4. Охорона праці

4.1. Характеристика і аналіз ризиків виникнення небезпечних та шкідливих факторів час експлуатації мульчувача рослинних залишків.

Під експлуатації вдосконаленого мульчувача рослинних залишків 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 мульчувача, які піддаються забиванню ґрунтом та рослинними рештками;
- відсутність на тракторах автоматичних тягово-зчіпних пристроїв для агрегатування мульчувача рослинних залишків;
- 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 залишків 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);

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						41
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 мульчувача рослинних залишків;
- 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 мульчувача рослинних залишків;
- несправність механізмів керування та гальмових систем енергетичного засобу;
- відсутність захисних пристроїв на рухомих частинах;
- несправність тягово-зчіпного пристрою;
- несправність інструменту, тощо;

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						42
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.

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

Елементи конструкції мульчувача рослинних залишків 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 залишків 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

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

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

- загальний фон кольору мульчувача 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».

4.3. 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 30°. Подрібнювач рослинних залишків 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

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						44
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.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В технології вирощування озимої пшениці зроблено наступні зміни. Аналіз конструкцій мульчувачів 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 мульчувача	грн.	120420	89560
Робоча ширина захвату мульчувача	м	2,8	4,5
Робоча швидкість агрегату	км/год	15	24
Склад агрегату		ХТЗ- 1221+АГП-2.8	ХТЗ-1221+
Змінна норма виробітку	га/зм	20,58	30,87
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4

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

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 залишків	грн.	82323,13	54031,01	-28292.12	-34.4
Собівартість подрібнення рослинних залишків	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 залишків на 34,4%.

ВИСНОВКИ

1. На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що за якісним показником виконання технологічного процесу розроблена конструкція мульчувача 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 мульчувач з умови економії палива та підвищення продуктивності.

2. Користуючись наведеними формулами і графіками, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого мульчувача 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.

3. Для подальшого визначення тягового опору мульчувача 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 мульчувачів рослинних залишків з горизонтальною віссю обертання робочих органів і потребують подальшого теоретичного обґрунтування раціональних конструктивних та технологічних параметрів мульчувача.

4. Характер впливу зусилля різання залежить від співвідношення сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено що питома

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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.

5. Користуючись наведеними формулами і графіками, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого мульчувача 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.

6. Конструктивне виконання мульчувача та здійснення ним функціонального призначення відповідає вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 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.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

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 залишків. / 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 залишків / [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 залишків 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 залишків / 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.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						49
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 залишків 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.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
						50
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.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Допущено до захисту

Зав. кафедрою СГМ

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«_____» _____ 2024 р.

Графічна частина

дипломної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему «Механізація вирощування озимого ріпаку з обґрунтуванням параметрів
коткового мульчувача рослинних залишків»
на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Здобувач вищої освіти __П__ курсу, групи АІ-22МЗ(1,4)
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ О.О. Трепак

Керівник

_____ В.А. Онопа

Нормоконтроль

_____ Ю.В. Мачок

Кропивницький 2024

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
				Заново розроблена		
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		
Розроб.	Трепак				Мульчувач котковий	
Перев.	Онопа					
Н. контр.	Мачок					
Затв.	Лещенко				ЦНТУ, гр. АІ-22МЗ(1,4)	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
				Заново розроблена		
A1			КПА 03.000 СБ	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КПА 03.001	Вісь в зборі	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	КПА 03.601	Ніж	28	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		3		Болт М16-6dх28.66.019	28	
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		4		М16-7H.019	28	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		5		16.65Г.019	28	

					КПА 03.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Трепак				Коток-мульчувача		Літ.	Аркуш
Перевір.	Онопа						1	1
Н. контр.	Мачок						ЦНТУ, гр. АІ-22МЗ(1,4)	
Затв.	Лещенко							

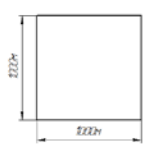
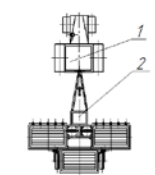
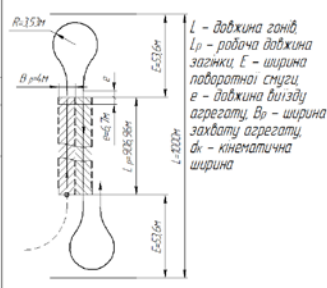
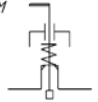
Технологічна карта

№п/п	Найменування технологічних операцій	строк виконання	від вим	Обсяг, робіт	Склад агрегату		Обслуговувачі персонал					Норма виробничості	Кількість нормо-знім	оплата праці з маршфандом	Полігоне			
							трактористи			роді ручної праці					н/за	кількість	сума	
					трактори	с/г машина	кількість	разряд	тарифна ставка, грн/га	кількість	разряд							тарифна ставка, грн
Основні оброботки ґрунту																		
1	Покрівлення рослинних решток	серпень-вересень	га	1555,00	CASE	КП-4.5	1	5	5,47			80,0	19,4	8 505,85	11,80	18 349,00	137618	
2	Культивація	вересень- жовтень	га	1555,00	CASE	Tiger-Mate	1	5	3,47			4,10	37,9	5 395,85	8,00	12 440,00	93300	
3	Надантаження мінеральних добрив	вересень- жовтень	т	155,50	K-700	Фронталлог	1	5	2,35	4,0	3	24,12	55,0	40,2	4 116,09	1,22	189,35	1 420,11
4	Перебезення мінеральних добрив	вересень- жовтень	т	155,50		МАЗ	1		12,47			8,0	19,4	1 939,09	3,41	530,18	3 976,32	
5	Внесення мінеральних добрив	вересень- жовтень	га	1555,00		МТЗ-80	2	4	2,25			50,0	31,1	3 498,75	0,85	1 325,44	9 940,79	
					Всього							148,10		23 455,62	0,0	32 833,96	246 254,73	
Передпосівні оброботки і сівби																		
6	Надантаження насіння для протруєння	вересень	т	4114,9	МТЗ 80	Штоль	1	5	2,05	2	3	3,37	55,0	7,5	2 230,28	0,57	235,50	1 766,24
7	Протруєння насіння	вересень	т	4114,9		ПК-20 супер				2,0	4	36,06	7,0	58,8	14 838,33	0,00	0,00	0,00
8	Надантаження насіння	вересень- жовтень	т	4114,9	МТЗ 80	Штоль	1	5	2,05	2,0	4	3,37	55,0	7,5	2 230,28	0,57	235,50	1 766,24
9	Перебезення насіння і заарузка сім'ялки	вересень- жовтень	га	1555,00	CASE	В/В-20	1	3	4,6			50,0	31,1	7 153,00	3,04	4 733,71	35 502,84	
10	Посів	вересень- жовтень	га	1555,00	CASE	Вандерштат	3	6	6,48	10	076,40	25,0	62,2	10 076,40	12,00	18 660,00	139 950,00	
11	Перебезення насіння	вересень- жовтень	т	4114,9	МАЗ		1		13,21			7,0	58,8	5 435,78	9,74	4 008,49	30 063,67	
	Перебізи перебезення обідів, лодей	вересень- жовтень	год	200,00						5	15,38	7,0	28,6	3 076,00	9,00	1 800,00	13 500,00	
					Всього							254,4		45040,1		29673,2	222549,0	
Догляд за посівами																		
12	Коткування посівів	листопад	га	1555,00	CASE	КЗК-10	1	4	2,57			36,4	42,7	3996,4	4,99	776,3	58225	
16	Взяття моноліти	літій	га	200	МТЗ-82	ПТС	1	2	0,25	3	3	1,25	84,0	35,8	300,0	0,73	14,6	1096
17	Надантаження мінеральних добрив	верезень	т	466,50	K-700	Фронталлог	1	5	2,35	4,0	3	37,23	55,0	233,0	18464,1	1,22	568	4260
18	Перебезення мінеральних добрив	верезень	т	466,50	МТЗ		1		6,23			16,0	29,2	2906,3	3,41	1591	11929	
19	Підживлення мінеральних добривами	верезень	га	1555,00	МТЗ-80	Амазон	1	4	2,25			50,0	31,1	3498,8	0,85	1325	9941	
20	Перебезення води	жовтень	га	1555,00	МАЗ		1		1,26			60,0	25,9	1959,3	0,85	1325	9941	
21	Внесення гербіцидів-фугіцидів, мікроелементи-Політер-Імпакт-Діален Супер (24,3га)	жовтень	га	1555,00	сам	CASE	1	6	2,74	1	4	0,91	60,0	50,0	5 675,75	1,00	1555	11663
22	Перебезення отрухохікати	жовтень	га	1555,00	ММЗ-554		1		0,8			60,0	25,9	1 244,00	0,49	757	5680	
20	Перебезення води	жовтень	га	1555,00	МАЗ		1		1,26			60,0	25,9	1 959,30	0,85	1325	9941	
21	Внесення фугіцидів, мікроелементи, інсектицид	жовтень	га	1555,00	сам	CASE	1	6	2,74	1	4	0,91	60,0	50,0	5 675,75	1,00	1555	11663
22	Перебезення отрухохікати	жовтень	га	1555,00	ММЗ-554		1		0,8			60,0	25,9	1 244,00	0,49	757	5680	
														0,00	0,0		0	
Збірвання урожаю																		
22	Пряме комбайнування	липень	га	1555,00		CASE 2388			20			30,0	51,8	31 100,00	18,0	27990	209925	
23	Перебезення зерна	липень	т	6997,5		КАМАЗ	2	6	2,6			60,0	116,6	18 193,50	2,00	19995	104963	
	Очистка зерна	липень	т	3000		УЗК-50		4	2,23	2	3	3,06	42,0	285,7	15 870,00	0,00	0	0
	Перебезення зерна на току	липень	т	3000					169			80,0	37,5	5 070,00	0,20	600	4500	
	Перелопачування зерна на току	липень-серпень	т	1500						4	2	8,1	7,5	200,0	12 150,00	0,00	0	0
	Перебізи перебезення обідів, лодей	липень	год	200						5	15,38	7,0	28,6	3 076,00	9,00	1 800,00	13 500,00	
					Всього							0,0	720,23	82 383,50	0,2	44 385,00	332 887,50	
Разом																		
									1 726,75			1 726,75		200 878,75		127 361,25	955 209,36	

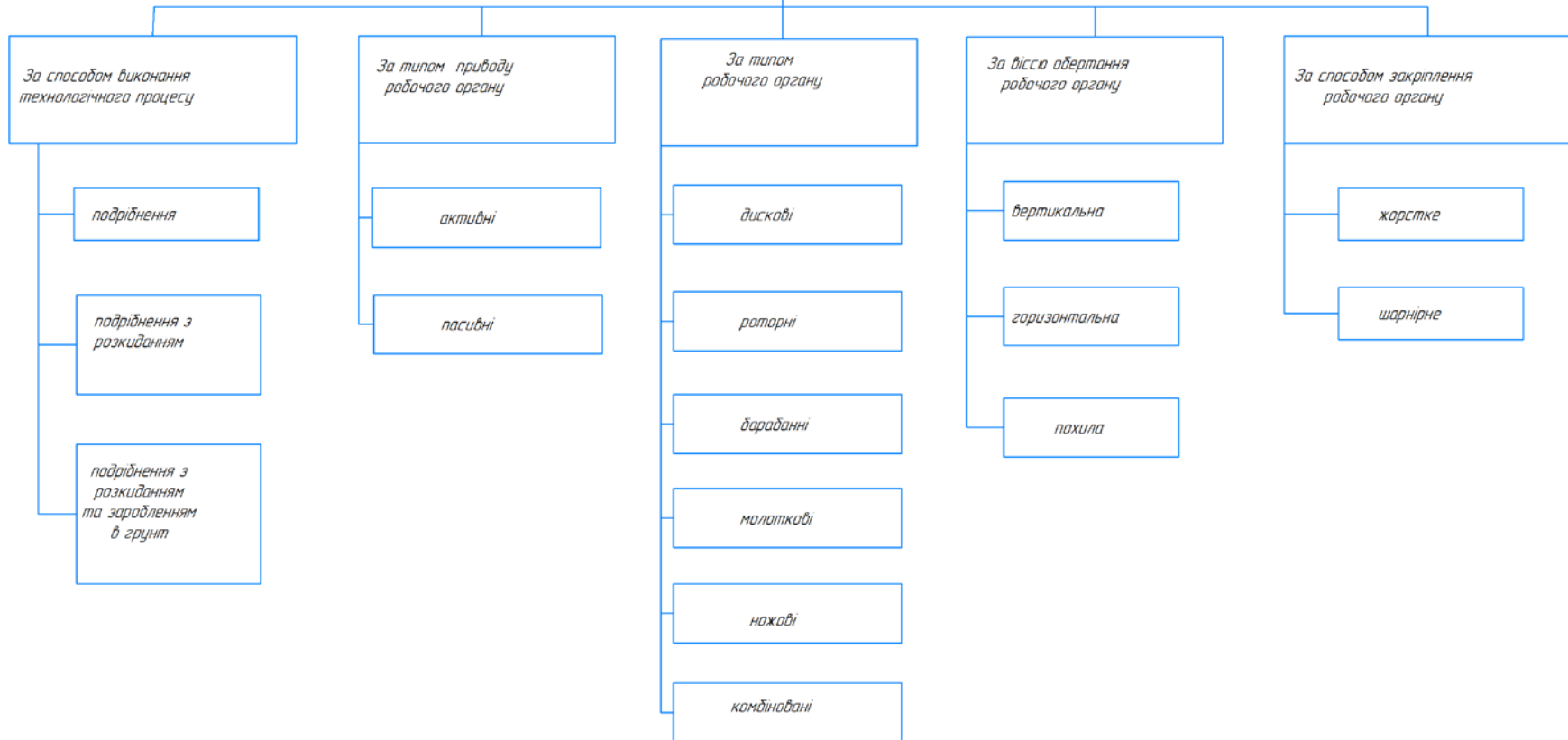
						КПА 00.003 Т4			
						Технологічна карта			
Мат. части	№ докум.	Підп.	Відр.			Дат.	Місяц	Назва	
Маса	Діаметр						-	-	
Висота	Серед.								
Темпер.						Дат.	Діаметр	Т	
Нахил	Міх.					ЦНТУ А122М3(14)			
Відр.	Висота					факт. А1			
Контроль									

Операційно-технологічна карта на подрібнення рослинних решток

КПА 00.002 Т4

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа поля – 100 га; довжина гонів – 1000 м, величина підйому – 3°.	Схема поля 
Агротехнічні вимоги	Подрібнення рослинних решток 85–90%.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор МТЗ-1221 + коток-подрібнювач КП-4,5 Робоча ширина захвату – 4,5 м; мінімальний радіус повороту – 3,53 м; кінематична довжина агрегату – 8,4 м. Підготовка агрегату 1. Провести щозмінний технічний огляд агрегату 2. Очищення від консервуючого мастила 3. Перевірка комплектності і справності 4. Комплектування і усунення несправностей 5. Встановити нижню тягу в овальні отвори розкосів 6. Вирівняти розкоси	Склад агрегату  1 – трактор МТЗ-1221, 2 – подрібнювач рослинних решток КП-4,5
Підготовка поля	Перед початком обробітку оглянути поле, виявлені перешкоди усунути. Ширина поворотної смуги – 53,6 м;	Схема руху одного циклу 
Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий, чобником	
Швидкість руху	Робоча передача – V робоча швидкість – $V_p = 24$ км/год.	
Показники організації процесу	1. Продуктивність агрегату – 7,4,4 га/год. 2. Технічна продуктивність за цикл – 1,52 га/цикл. 3. Змінна продуктивність агрегату – 30,87 га/зм. 4. Кількість циклів за зміну – 26 цикл/зм. 5. Витрати палива на 1 га – 6,4 кг/га. 6. Витрати палива за зміну – 16,24 кг/зм.	Перевірка якості подрібнення за допомогою рамки 1x1(м)  Перевірка щільності ґрунту після обробітку твердоміром 
Контроль за якістю	1. Перевірити якість подрібнення в 20...30 місцях по всій довжині гону. Відхилення довжини решток не повинно перевищувати 1,2 см. 2. Кількість подрібнених решток повинна бути в межах 85–90%. 3. Щільність ґрунту в межах агрозоноз. 4. Поворотні смуги мають бути оброблені в останню чергу. 5. Всі бур'яни повинні бути повністю підрізані. 6. Якість роботи подрібнювача контролюють 2...3 рази за зміну.	

Підрибнювачі рослинних решток



КПА 00.001 НЧ									
Класифікація підрибнювачів рослинних решток									
Роз. лист	М. діаметр	Листа	Висота	Розрід	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Розрід	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина
Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина	Глибина

Визначення енергоємності процесу роботи котка-подрібнювача рослинних решток

ПКА 00.006 НЧ

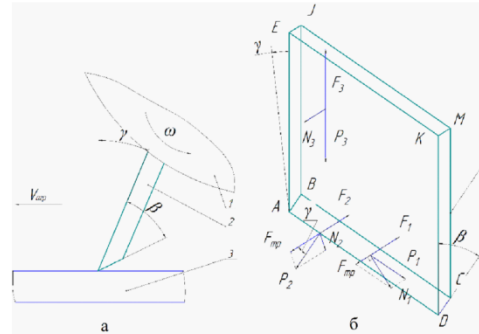


Рис. 1. Розрахункова схема:

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

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

$$A = z \cdot (A_{P1} + A_{C1} + A_{C2} + A_{P2} + A_{C3} + A_{P3}) + A_0$$

де z – кількість ножів, шт.;

A_{C1}, A_{C2}, A_{C3} – робота ножа на попереднє стиснення 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_0 – робота на подолання котком сили опору повітря, Дж.

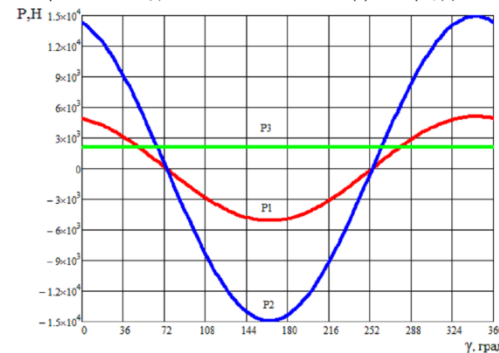


Рис. 2. Залежність складових сил різання (P_1, P_2, P_3) від значення кута γ

Силу для переміщення ножа можна представити у вигляді суми 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):

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

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

$$P_3 = N_3 \cdot f_3,$$

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;

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

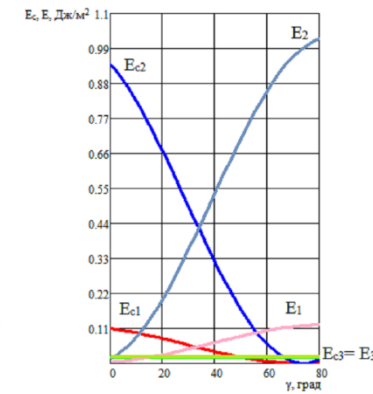
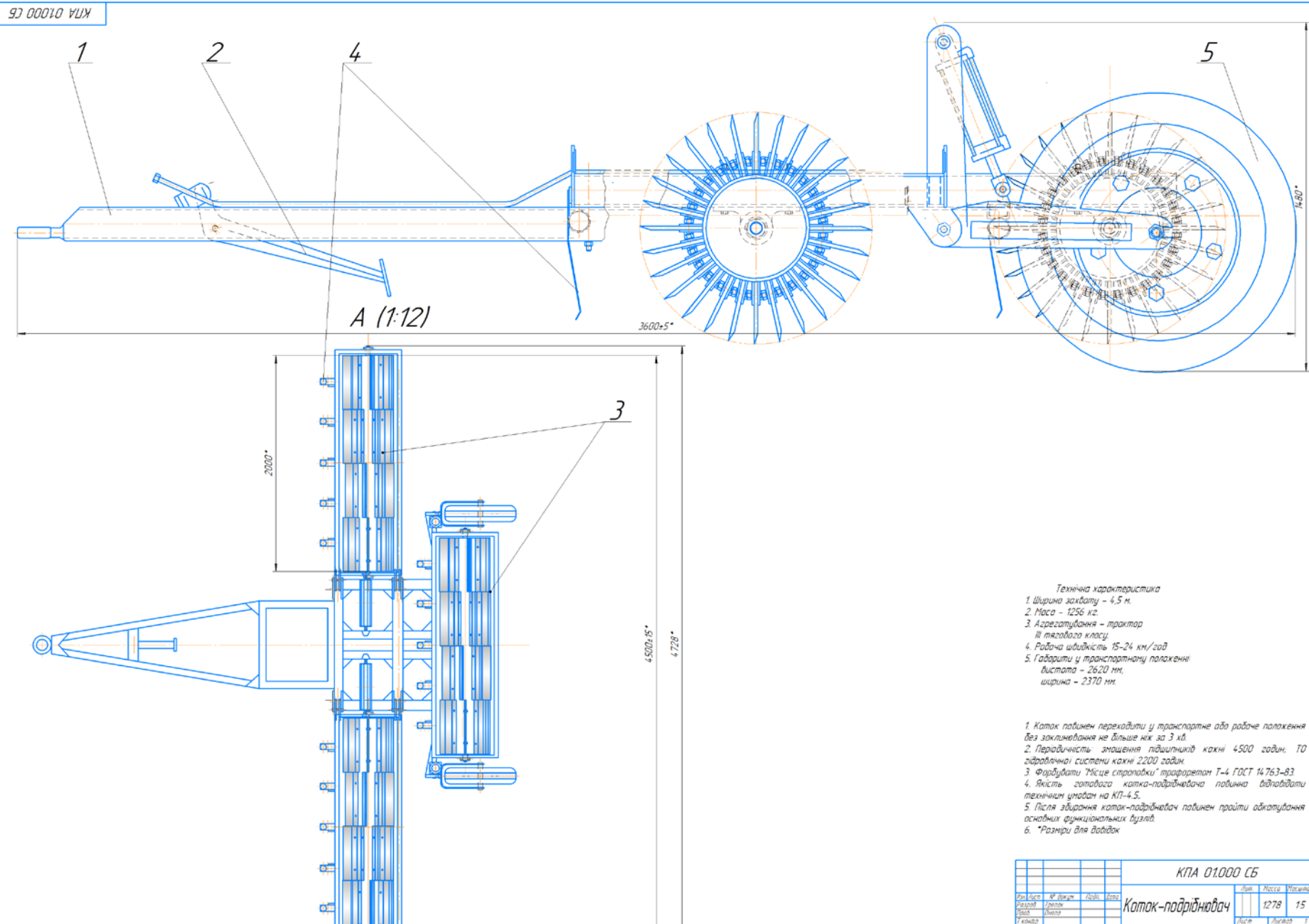


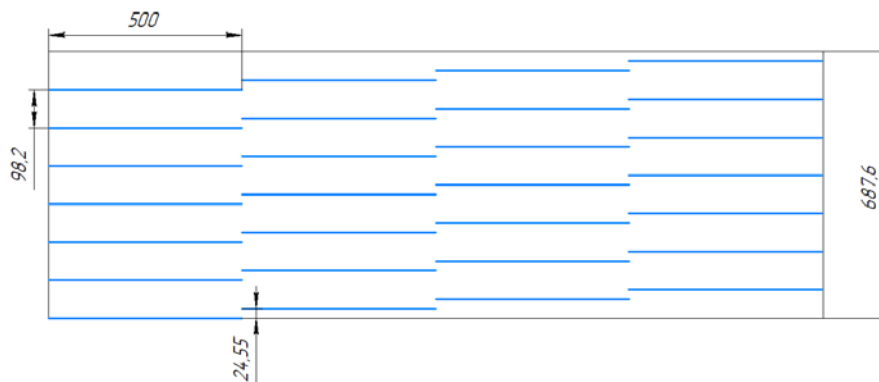
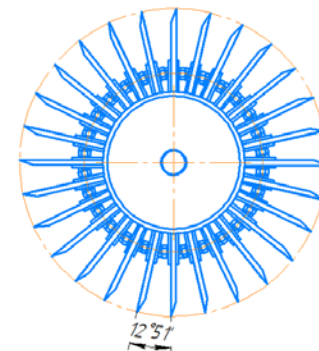
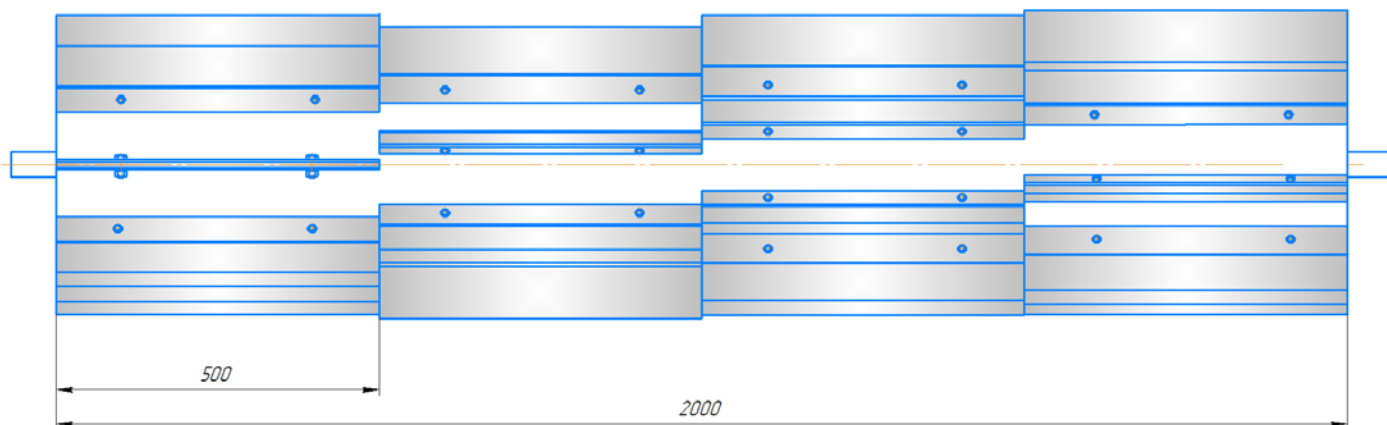
Рис. 3. Залежність питомої енергоємності (E_c) та (E) від кута γ

Загальний вигляд мульчувача коткового типу



Розроблений коток мульчувача

КПА 03.000 СБ

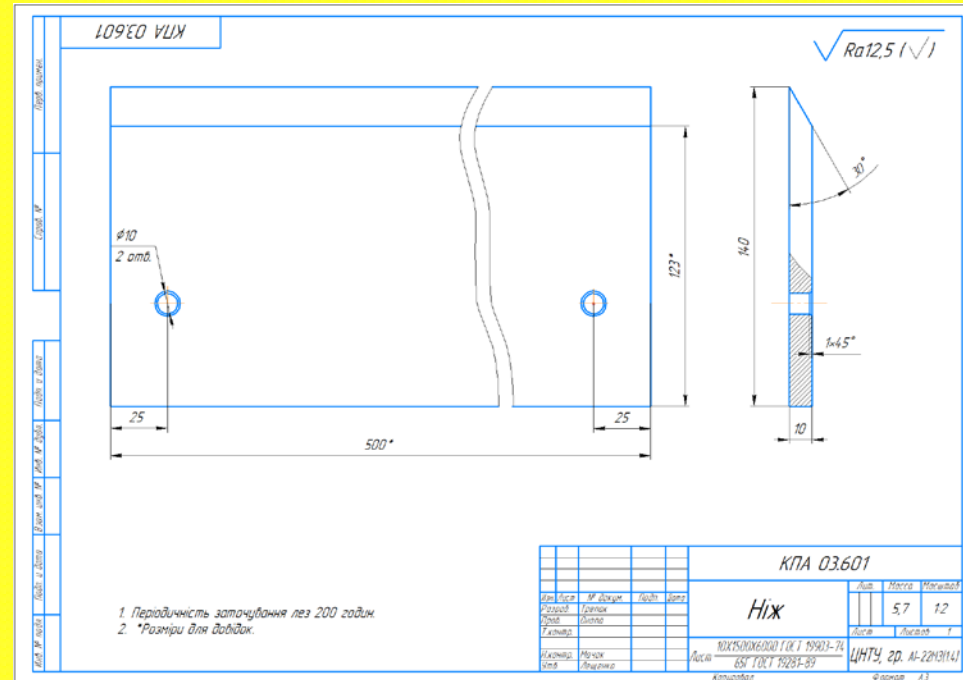
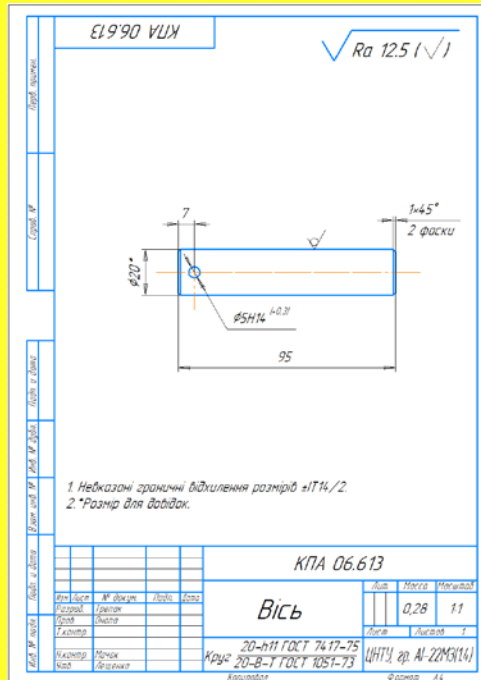


1. *Розміри для довідок.
2. Зовнішні поверхні фарбувати чорною емаллю ПФ-115 ГОСТ 6465-76.
3. Крутний момент затяжки деталей в місцях кріплення ножів 60- Нм (6 кгс), та карода до циліндра 40-50 Нм (4 - 5 кгс).
4. Фарбувати болти після затяжки різьб.
5. Жолобки на вигляді А-А не показані.

КПА 03.000 СБ					Коток подрібнювача		
Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Масса	Масштаб	
1	1	1	1	1	274,8	15	
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Листов	1
Разрб.	Трепак	Проект	Инжнр				
Уконтр.							
И.контр.	Мачок						
Утв.	Лещенко						

ЦНТУ, гр. АІ-22МЗ(14)

Розроблені деталі мульчувача



Модернізовані деталі мульчувача коткового типу

