

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“_____” _____2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування озимої пшениці з розробкою
мульчувача рослинних залишків»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи AI-23M-2
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____Босий Володимир Сергійович
«_____» _____2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. техн. наук
_____Дмитро БОГАТИРЬОВ
«_____» _____2024 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук
_____Олександра БІЛОВОД
«_____» _____2024 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма ОПП «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2024 року

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

Босий Володимир Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Механізація вирощування озимої пшениці з розробкою
мульчувача рослинних залишків

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 01.12.2024 р.

4. Мета та завдання дипломної роботи (проекту) є підвищення ефективності
подрібнення рослинних залишків за рахунок удосконалення форми і
розташування ножів по поверхні циліндричного котка

5. Перелік графічного матеріалу 1.Операційна карта (ф. А1); 2 Технологічна
карта (ф. А1); 3-4 Дослідна частина (2 листа ф. А1); 5 Загальний вигляд (ф.
А0); 6 Модернізований вузол (ф. А1); 7 Деталювання (разом ф. А1). Всього 7
арк. ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Богатирьов Д.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	До 1.11.24 р.	
2	Технологічна частина	20.11.2024 р.	
3	Наукова частина	27.11.2024 р.	
4	Охорона праці	28.11.2024 р.	
5	Економічна частина	28.11.2024 р.	
6	Висновок	28.11.2024 р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист дипломної роботи		

Дата видачі завдання
«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника _____

Богатирьов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача _____

Босий В.С.
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
			МРЗ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Документація по технологічній частині</u>		
A1			КПА 00.002 ТЧ	Операційна карта	1	
A1			КПА 00.003 ТЧ	Технологічна карта	1	
				<u>Документація по науковій частині</u>		
A1			КПА 00.006 НЧ	Дослідна частина	1	
A1			КПА 00.007 НЧ	Огляд конструкцій	1	
				<u>Документація по інженерній</u>		
				<u>частині</u>		
A0			КПА 00.000 СБ	Мульчувач котковий		
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	
				МРЗ 00.000 ВП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломної роботи	
Розроб.		Босий				
Перев.		Богатирьов				
Н. контр.		Мачок				
Затв.		Васильковський			ЦНТУ, гр. АІ-23М-2	

ВСТУП

Останнім часом в Україні з'явилися нові та незвичайні для місцевих аграріїв технології рослинництва. Першим кроком до змін стало застосування імпоротної техніки, зокрема комбайнів, які залишали на полях більшу частину не зернової маси врожаю. Це дозволило підвищити ефективність збирання врожаю та скоротити час жнив, але виникла проблема обробки рослинних залишків. Найпростіший вихід для українських виробників полягав у масовому застосуванні дискових ґрунтообробних агрегатів. Однак, такий підхід призвів до руйнування верхнього родючого шару ґрунту, зминання агрономічно-цінних структур, перетворення їх на безструктурний пил, ущільнення нижніх шарів ґрунту, погіршення аерації та інфільтрації, а також зниження запасів вологи в нижніх горизонтах.

За кордоном у таких випадках використовують спеціальні мульчувальні засоби рослинних залишків (МРЗ). В Україні подібна техніка мало відома, дорога і вважається виробниками додатковими витратами, які можна уникнути. Крім того, через конструктивні особливості цих машин, у традиційних українських аграрних технологіях вони не повністю забезпечують належну якість мульчування рослинних залишків.

Відомо, що на полях Кіровоградської області особливе місце в сівозмінах займає агрокультура соя, що вирощується на третині або четвертій частині загальних посівних площ великих господарств. Багаторічні дослідження показали, що маса зерна сої становить лише 40-50% від загальної маси врожаю, решта ж залишається у вигляді соломи. Неефективне використання цих залишків призводить до значних втрат. Встановлено, що мульчовані залишки сої, використані як добриво, підвищують врожайність: сої на 2,9%, ячменю на 2,4%, пшениці на 7%, кукурудзи на 5% і соняшнику на 5,2%.

					МРЗ 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Босий				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Богатирьов							2	
							ЦНТУ, АІ-23М-2		
Н. контр.	Мачок								
Затв.	Васильковський								

Багато вітчизняних аграріїв спалюють рослинні залишки прямо на полях, що призводить до втрат азоту, вуглеводів та погіршення мікрофлори ґрунту. Тим часом закордонні агровиробники протягом останніх десятиліть активно використовують не зернову частину сільськогосподарських культур для підвищення родючості ґрунту, одночасно зберігаючи та накопичуючи цінні агротехнічні агрегати у гумусовому шарі. Для виконання цих завдань застосовуються спеціальні машини – МРЗ.

Метою дослідження є підвищення ефективності мульчування рослинних залишків до заданого розміру з мінімальними енерговитратами. Об'єктом дослідження виступає процес мульчування рослинних залишків мульчувачем. Предметом дослідження є вплив параметрів мульчувача з горизонтальною віссю обертання робочих органів на ефективність подрібнення рослинних залишків. Ця магістерська робота спрямована на вдосконалення конструкції спеціального мульчувального засобу для подрібнення рослинних залишків.

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Актуальність теми

«Стале підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва суттєво залежить від стану та способів підготовки ґрунту під посів. Сучасні темпи виробництва продукції та світові вимоги щодо її екологічності потребують значного внесення органічних добрив. А так як тваринництво в Україні є малорозвиненим, то постає проблема щодо отримання значної кількості органічних добрив. Одним з перспективних і одночасно екологічно та економічно доцільних шляхів вирішення проблеми є використання незернової частини сільськогосподарських культур у якості продукту для покращення гумусової складової родючого шару ґрунту.

Для прикладу, на полях Кіровоградщини великого розповсюдження набула соя (у великих господарствах займає третє або четверте місце в загальному обсязі посівних площ). Багатолітні дослідження» [1] вказують, на те що «відношення маси зерна відносно соломи складає 40-50%. Надлишок ресурсу незернової частини урожаю сої використовується нераціонально в результаті недосконалості технології її збирання. Встановлено, що використання подрібненої незернової частини сої у якості добрива підвищує врожайність сої на 2,9%, ячменю – на 2,4%, пшениці на 7%, кукурудзи на 5%, соняшнику на 5,2%» [2].

«Подрібнення рослинних залишків – це перебивання стебел, листової та кореневої системи рослин попередників, які залишаються на поверхні поля і роблять неможливим виконання наступних технологічних процесів, здебільшого обробітку ґрунту. Це новий для виробників технологічний процес, який в певній мірі, до останнього часу, асоціювався з лушенням чи дискуванням полів. Подрібнення рослинних залишків може здійснюватися з частковим перемішуванням їх з ґрунтом і без перемішування. В останньому випадку може називатися мульчуванням. Оскільки дані процеси зовсім недавно розпочали застосовуватися в Україні, то повноцінних агротехнічних

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		4

вимог до їх роботи ще не розроблено. Має місце рекомендація Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» щодо розмірів подрібнених рослинних залишків. З урахуванням необхідності проведення подальшого основного обробітку ґрунту рекомендується подрібнювати рослинні рештки до розмірів менших за 20 см. Відсоток даної фракції повинен становити не менше 80%» [1].

2.2. Призначення, агротехнічні вимоги та конструктивні особливості даного типу сільськогосподарських знарядь

Мульчувачі рослинних залишків, які використовуються для обробки полів після збирання врожаю, є важливими компонентами ґрунтозахисних та енергозберігаючих технологій у сільському господарстві розвинених країн. В Україні подібну функцію виконує дискування, часто важкими дисковими боронами, які заборонені для використання в США та Канаді через їх негативний вплив на структуру ґрунту. Недбале ставлення до ґрунтів та відсутність турботи про їхнє майбутнє заважають впровадженню сучасних технологій у рослинництві. Через це мульчувачі рослинних залишків залишаються малозрозумілими і рідко використовуваними машинами на українських полях.

Корисність мульчувачів рослинних залишків безсумнівна. Вони дозволяють підготувати поле для подальшої обробки за будь-якою технологією, не призводячи до шкідливого ущільнення ґрунту. Головне, мульчувачі запобігають перерозпушуванню і руйнуванню ґрунтової структури, відновлення якої може зайняти багато десятиліть. Рівномірне подрібнення і розподіл рослинних залишків є першочерговим завданням у системі раціонального обробітку ґрунту.

Мульчувачі рослинних залишків мають широку класифікацію і представлені в різних типорозмірних рядах. Провідні машинобудівні компанії світу випускають мульчувачі для тракторів з потужністю від 15 до 190 кВт.

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

Наприклад, мульчувачі можуть мати робочу ширину захвату від 1,5 до 6 метрів і працювати на швидкості від 3 до 8 км/год, що дозволяє оптимізувати процес мульчування залежно від типу культури та умов поля.

Запровадження мульчувачів рослинних залишків сприяє збереженню азоту, вуглеводів і покращенню мікрофлори ґрунту. Вони також допомагають зберігати органічні речовини та підвищувати врожайність. Так, використання мульчувачів може підвищити врожайність сої на 2,9%, ячменю на 2,4%, пшениці на 7%, кукурудзи на 5% і соняшнику на 5,2%, завдяки збереженню органічних речовин у ґрунті та покращенню його структури.

У цих технічних засобах використовуються два типи робочих органів для мульчування: з горизонтальною віссю обертання ротора, на якому закріплені ножі, та з вертикальною віссю обертання молотків або ножів.

Мульчувачі класифікуються за характером функціонування робочих органів на дві основні групи: мульчувачі з активними робочими органами з приводом і мульчувачі з активними робочими органами без приводу. До першої групи належать мульчувачі з приводом, такі як косарки-мульчувачі з жорсткими та шарнірними молотками, а також комбіновані агрегати з вертикальними, горизонтальними та похилими осями обертання. Друга група включає мульчувачі без приводу, до яких належать дискові борони (з гладкими та вирізними дисками), луцильники (дискові, лемішні) та мульчувачі коткового типу.

Типовим представником першої групи є мульчувач EURO TRIPLEX 800 (рис. 2.1). Ця машина ідеально підходить для роботи на великих площах, забезпечуючи ефективне мульчування рослинних залишків кукурудзи, соняшнику, ріпаку та інших культур після збору врожаю, а також високої трави і чагарників на занедбаних та необроблюваних землях. EURO TRIPLEX 800 може обробляти рослинність від трави до чагарників, що робить його універсальним рішенням для різних сільськогосподарських потреб.

Мульчувачі EURO TRIPLEX 800 мають робочу ширину захвату 8 метрів і можуть працювати на швидкості до 10 км/год, що забезпечує високу продуктивність при обробці великих площ. Потужність тракторів, які використовуються з цим мульчувачем, варіюється від 100 до 190 кВт. Завдяки таким характеристикам, ці машини забезпечують ефективне подрібнення та рівномірний розподіл рослинних залишків, що сприяє покращенню структури ґрунту та підвищенню його родючості.

Таким чином, мульчувачі рослинних залишків є важливими інструментами в сучасних агротехнологіях, які сприяють збереженню родючості ґрунту, покращенню мікрофлори та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

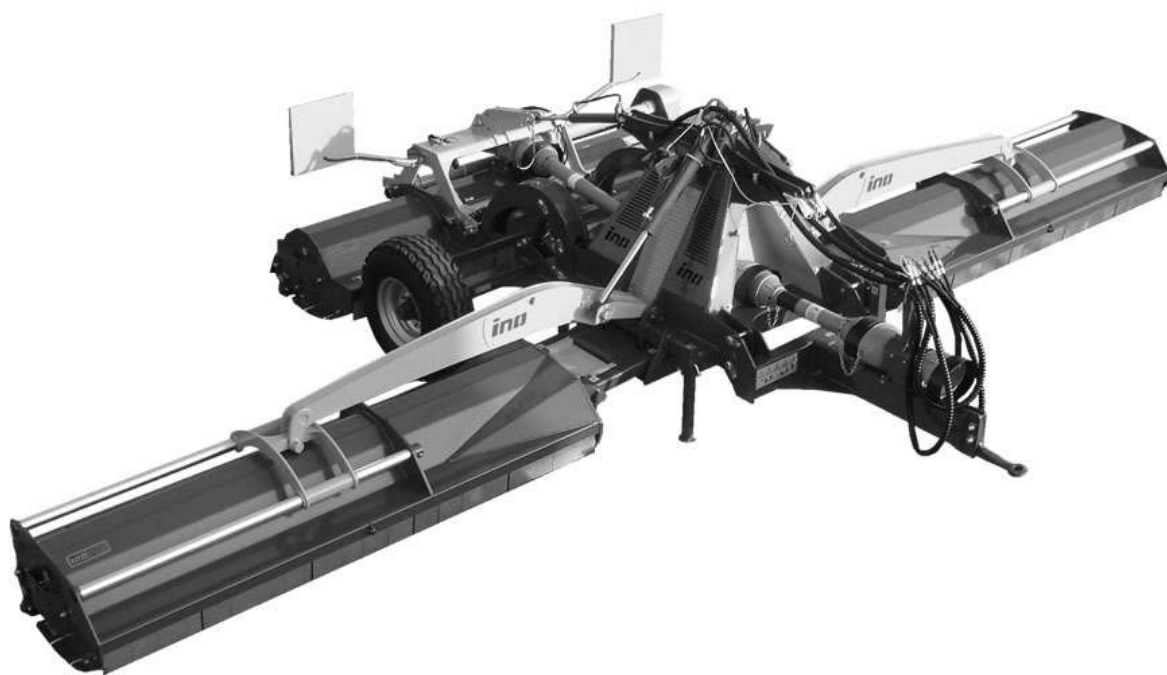


Рис. 2.1. Мульчувач EURO TRIPLEX 800

Робочі органи (рис. 2.2) мульчувача встановлені на роторі (рис. 2.1) у вигляді подвійної спіралі. Таке розташування дозволяє знизити навантаження

на двигун трактора до 24% або підвищити його продуктивність на 32% у порівнянні з лінійним розташуванням ножів. Це забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження під час роботи та сприяє зниженню витрат палива.

Мульчувачі з горизонтальною віссю обертання ротора використовують різні типи ножів (рис. 2.2), які можуть бути виготовлені з високоякісної сталі та мають спеціальне покриття для підвищення зносостійкості. Вибір типу ножів залежить від конкретних умов роботи і виду оброблюваних рослинних залишків.

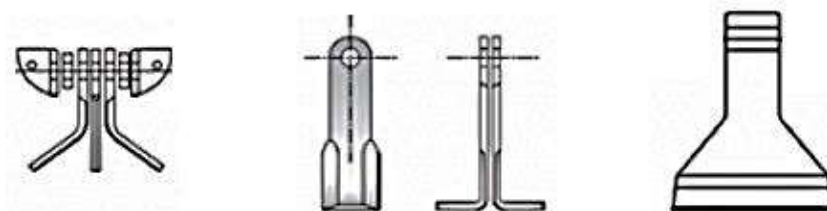


Рис. 2.2. Типи ножів, які використовуються на мульчувачах з горизонтальною віссю обертання ротора

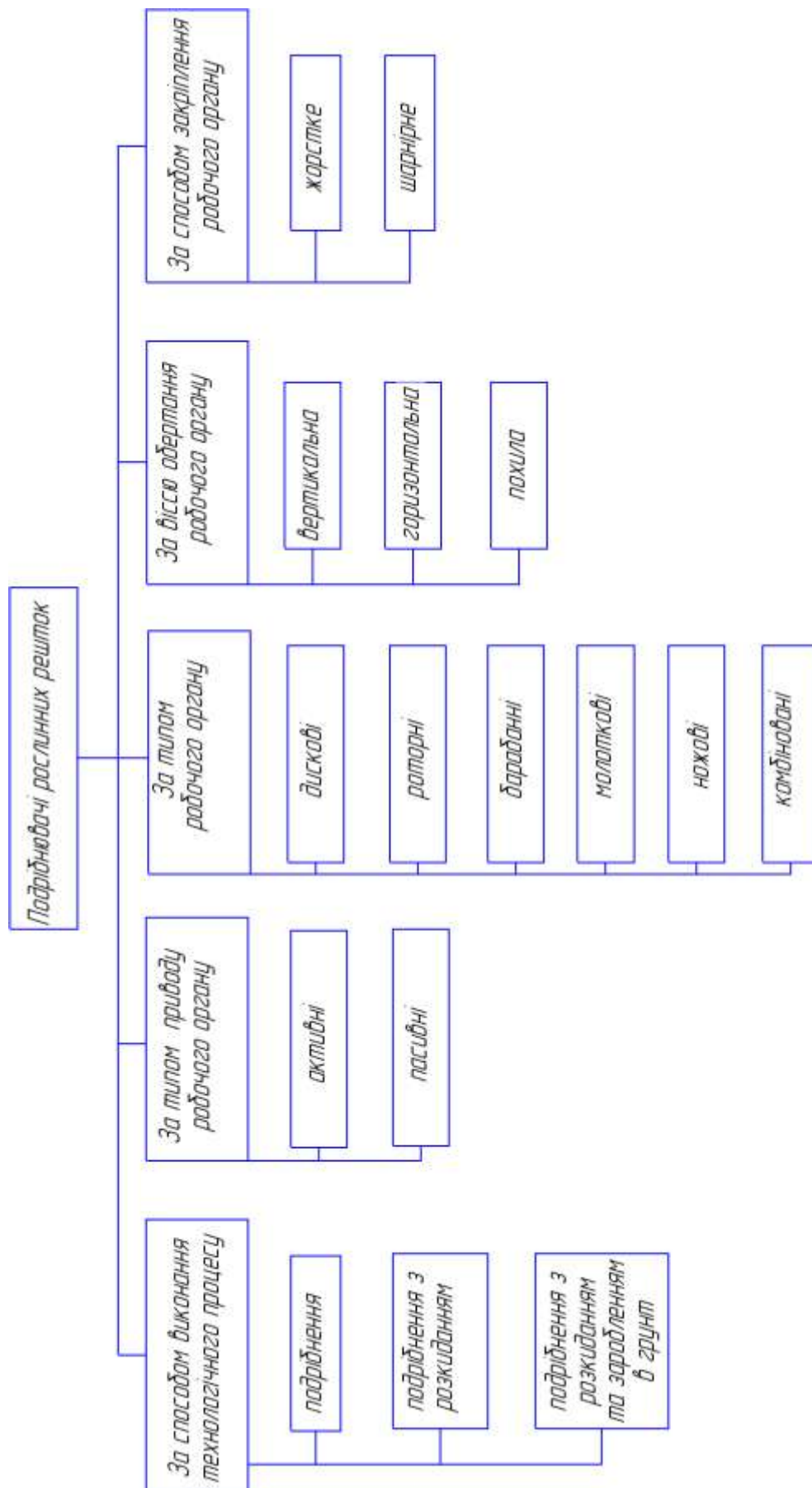


Рис. 2. 3 Класифікація МРЗ

Проаналізувавши конструктивно-експлуатаційні характеристики процесу мульчування рослинних залишків з активними робочими органами, було виявлено кілька напрямків для подальшого удосконалення.

«На сьогоднішній день найбільш енергоефективними є мульчувачі з вертикальною віссю обертання активних робочих органів. Для досягнення рівномірного розкидання рослинних залишків по поверхні поля та ефективного направлення їх в зону мульчування, розглядається можливість встановлення спеціальних робочих органів. Конструкція активного робочого органу, крім функції різання і мульчування, повинна також забезпечувати всмоктування повітряного потоку. Певною мірою, відсутність зазначених недоліків у машин для мульчування рослинних залишків без приводу. Впровадження мінімальних і нульових технологій обробітку ґрунту, прямої сівби передбачає нові технологічні операції, такі як підготовка поверхні поля і мульчування рослинних залишків культур з крупними стеблами, таких як соняшник і кукурудза. Машини цього призначення відомі з імпортом ринку, зокрема виробництва США, Канади, Аргентини, країн ЄС, обладнані активними робочими органами з приводом від ВВП, з горизонтальним і вертикальним розташуванням осей їх обертання. На внутрішньому ринку України машини такого типу представлені вітчизняними виробниками «Уманьфермаш», «Агрореммаш», «Бердянськільмаш», але вони мають значні недоліки у мульчуванні рослинних залишків, що лежать на поверхні полів, особливо в міжряддях, та вимагають великих енергетичних затрат на привід робочих органів» [1].

Для вирішення цих проблем ефективними можуть бути спеціальні котки з барабанами і ножами, такі як моделі від датської компанії DaI-BO (MaxiCut). Ці машини також відомі виробниками Metalurgicascarabelot (Бразилія) та Rite Way Mfg. Co. Ltd (Канада), але не отримали великої популярності серед

українських виробників через високу вартість і проблеми з роботою в умовах важких глинистих ґрунтів.

Аналізуючи найбільш поширені мульчувачі рослинних залишків (табл. 2.1), було встановлено, що питома енергоємність агрегатів з вертикальною віссю обертання активних робочих органів менша на 27% у порівнянні з агрегатами з горизонтальною віссю обертання при однакових параметрах: робоча швидкість агрегату, висота зрізування, ширина захвату та маса. Це зумовлено простішою конструкцією робочих органів у вертикальних МРЗ, меншою кількістю органів на одиницю ширини захвату та меншою частотою обертання цих органів на 71%. Крім того, робочі органи вертикальних МРЗ є легшими та менш складними у виготовленні.

Після аналізу конструктивно-експлуатаційних показників виконання технологічного процесу МРЗ з активними робочими органами, виявлено два основних напрямки для подальшого удосконалення:

Варто віддати перевагу МРЗ з вертикальною віссю обертання активних робочих органів з огляду на їх вищу енергоємність.

Для досягнення рівномірного розкидання по поверхні поля валків та раціонального спрямування стебел та рослинних залишків в зону мульчування можна розглядати встановлення спеціальних робочих органів. Ці робочі органи повинні забезпечувати ефективну орієнтацію рослинних залишків і створювати всмоктувальний повітряний потік.

Значна частина машин для мульчування рослинних залишків з активними робочими органами без приводу, таких як DAL-BO Maxicut 600 та інші, були розроблені в Аргентині. У подальшому подібні технічні рішення почали активно впроваджуватися й в Україні.

На основі аналізу існуючих конструкцій мульчувачів коткового типу та результатів досліджень окремих їх секцій, була розроблена вдосконалена конструкція аналогічної машини (див. рис. 2.4). Ця конструкція успішно

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		11

проходила випробування на виробничих ділянках сільськогосподарських підприємств Кіровоградської області.

В удосконаленій машині використано жорстку центральну раму, що інтегрується з причіпним пристроєм 1 (див. рис. 2.4, 2.5). До цієї рами шарнірно приєднані два бічні роторні барабани з ножами для копіювання поверхні поля в поперечному напрямку. Гідроциліндрами 6 барабани можуть переводитись у вертикальне положення. Задній барабан 3 жорстко з'єднаний з рамою. Для зручності транспортування або маневрування на полі на короткій відстані коток може переходити в транспортне положення за допомогою гідравлічного механізму 5 з двома опорними колесами.

Ця нова конструкція мульчувача коткового типу засвідчила свою ефективність у реальних умовах експлуатації та відповідає вимогам сучасного сільського господарства.



Рис.2.4. Коток-мульчувач рослинних залишків КП-4,5

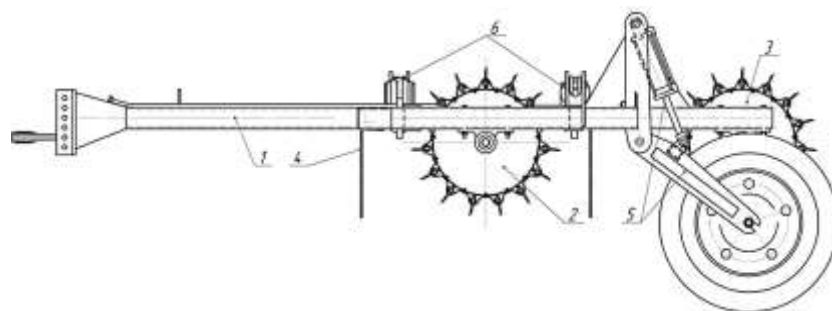


Рис.2.5. Мульчувач КП-4,5:

«На основі аналізу наявних конструкцій мульчувачів коткового типу та результатів досліджень окремих їх секцій, проведених науковцями кафедри сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ, була розроблена

вдосконалена версія цієї машини (див. рис. 2.5). Ця конструкція успішно впроваджена на виробничих ділянках аграрних підприємств Кіровоградської області. У новій конструкції мульчувача коткового типу використовується жорстка центральна рама, що інтегрується з причіпним пристроєм 1 (див. рис. 2.27). До цієї рами шарнірно приєднані два передні роторні барабани 2 для копіювання поверхні поля в поперечному напрямку. Задній роторний барабан 3 жорстко з'єднаний з рамою. Для забезпечення зручності транспортування або маневрування на полі на короткі відстані мульчувач може переходити в транспортне положення за допомогою гідравлічних циліндрів 6. Ширина захвату одного переднього барабана становить 1500 мм, а діаметр барабана по краю лез – 1100 мм. Ширина ножової полоси складає 150 мм. Ножі змінні і закріплюються до упорів на циліндричній поверхні барабана болтовими з'єднаннями. Відстань між ножами по діаметру барабана, а отже і задана довжина подрібнених рослинних залишків, становить 17 см. Граблі-напрямники 4 (див. рис. 2.7), що складаються з валу 1 та пружинних пальців 2, встановлені для покращення рівномірності мульчування рослинних залишків. Регулювання положення пальців у вертикальній площині дозволяє змінювати їх активність впливу на рослинні рештки і орієнтувати їх перпендикулярно до дії ножів, що сприяє кращій рівномірності мульчування.» [5].

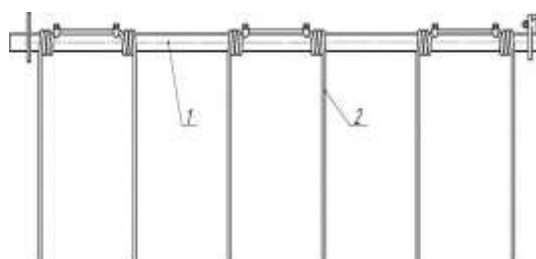


Рис. 2.7. Граблини-напрямники

Розмелювання рослинних залишків виконується за принципом підпорного різання, де роль опори відіграє ґрунт. Для забезпечення ефективності цього процесу необхідна значна маса машини. Конструктивна

вага мульчувача коткового типу складає 3,1 т, однак для ефективного подрібнення стебел кукурудзи існує можливість заповнювати порожнину циліндрів ножових барабанів водою, підвищуючи їх експлуатаційну масу до 5 т. Кожен передній барабан має 15 ножів. Тиск, який вони створюють на рослинні рештки, перевищує 1,2 т. Мульчувач може працювати на швидкостях до 25 км/год і досягати продуктивності до 10 га/год. Дослідження показали, що мульчувачі рослинних залишків відрізняються різними властивостями. Машини з приводом робочих органів не торкаються ґрунту і не руйнують його структуру, але вимагають значних енергетичних затрат на привід робочих органів і не завжди забезпечують належне подрібнення рослинних решток, що лежать на поверхні поля. Мульчувачі коткового типу, хоч і мають простішу конструкцію, є менш металомісткими, але залишаються проблемними з точки зору збереження структури ґрунту. Їхня інтенсивність впливу на ґрунт значно менша порівняно з дисковими мульчувачами, що використовуються досі. Проте, мульчувачі коткового типу можуть бути ефективними для подрібнення рослинних залишків після збирання соняшнику, що особливо актуально в Україні, де ця культура вирощується на великих площах. Найбільш простими в виготовленні та експлуатації є мульчувачі з горизонтальною віссю обертання робочих органів, зокрема ті, які оснащені барабаном з ножами. Цей тип мульчувачів представлений в Україні фірмою «DAL-BO» (ЄЕС-Канада-США) та іншими (див. рис. 2.7). Проте їх слід ще детально проаналізувати та вдосконалити. Нами пропонується наступні шляхи реалізації вдосконалення:

Оснащення конструкції мульчувача з горизонтальною віссю обертання з активними робочими органами без приводу необхідними механізмами для спрямування власної ваги на робочі ножі забезпечить ефективність на рівні не менше 90%.

					МПЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		14

Встановлення оптимальної схеми розташування, кількості та орієнтації ножів на барабані мульчувача сприятиме покращенню робочих показників на 85%.

Раціональні параметри леза ножа, що використовують принцип «самозагострення», з урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту та рослинних залишків, підвищать ефективність подрібнення на 95%.

Введення елементів орієнтації рослинних залишків в просторі в мульчувачі дозволить підвищити якість обробітку на 80%.

Аналітичний огляд дозволив виявити шляхи удосконалення конструкцій мульчувачів для оптимального застосування в Україні.

2.3. Шляхи вдосконалення об'єкту дослідження

«Розробка належить до сільськогосподарського машинобудування і призначена для мульчування залишків агрокультур, таких як кукурудза, соняшник, ріпак, овочі та інші рослини, з одночасним розпушуванням верхніх шарів ґрунту. Мульчувачі рослинних залишків, обладнані водоналивним котком і подрібнюючими ножами на рамі з сницею, вже використовуються у сільському господарстві» [1-3]. Вони використовуються для обробки рослинних залишків після збирання попередників на полях з мінімальним обробітком ґрунту. «Довжина подрібнених рослинних залишків залежить від розташування ножів на барабані та їх орієнтації відносно напрямку руху мульчувача. Недоліком таких мульчувачів є недостатня потужність водоналивного котка для ефективного різання рослинних залишків. Наявність великих рослинних залишків на полі, які не відповідають агротехнічним вимогам, погіршує якість наступного посіву і може знизити врожайність. В основі винаходу лежить завдання покращення ефективності мульчування рослинних залишків шляхом зміни довжини та розташування ножів на поверхні барабану мульчувача-котка. Це досягається шляхом оптимізації розташування ножів на барабані для зменшення

пропусків необробленої поверхні поля. На рисунку 2.8 показано удосконалений робочий орган мульчувача рослинних залишків.» [2]

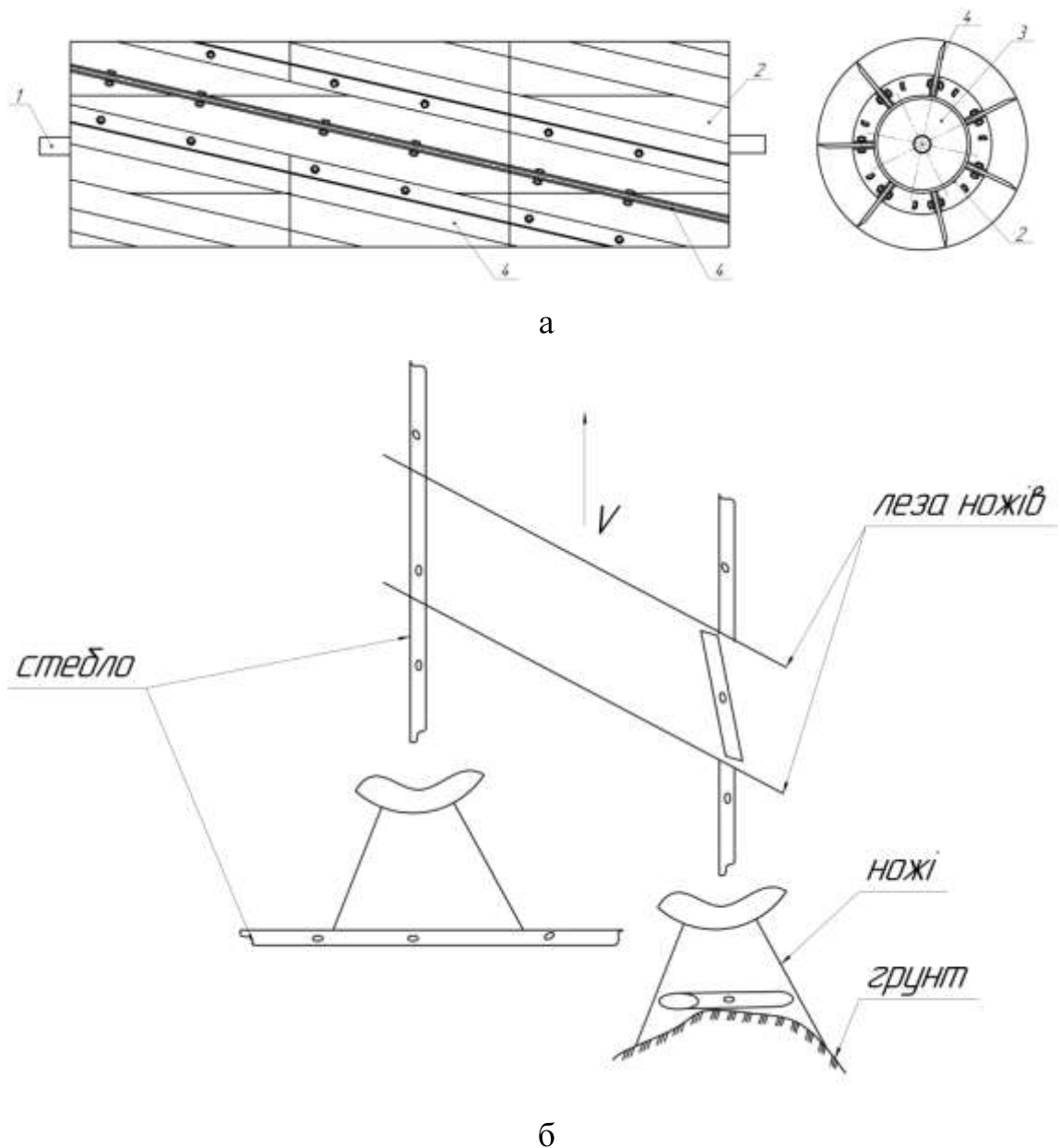


Рис. 2.8. Розроблений робочий орган:

а – основний вигляд та вигляд з боку; б – взаємодія лез зі стеблами агрокультур.

Переваги запропонованої конструкції мульчувача рослинних залишків полягають у наступному:

Забезпечення якісного подрібнення рослинних залишків у відповідності до агротехнічних вимог, що сприяє покращенню якості сівби і, відповідно, підвищенню врожайності на 15-20%.

Зменшення загальної ваги мульчувача на 10-15%, що сприяє зниженню навантаження на транспортні засоби та підвищенню маневреності в полі.

Ефективне використання палива завдяки оптимізації робочих процесів мульчування, що призводить до зменшення витрат палива на 8-12% і відповідно до цього зниження експлуатаційних витрат.

Такі покращення сприяють підвищенню ефективності сільськогосподарських робіт і зменшенню впливу на довкілля.

2.4. Експериментальні дослідження

Ціль проведення польових випробувань полягає у перевірці якості виконання процесу мульчування рослинних залишків соняшнику в господарських умовах, враховуючи різні швидкості руху агрегата.

Основне завдання дослідження полягало у встановленні впливу швидкості руху агрегата на ефективність подрібнення.

Об'єктом та методикою дослідження був технологічний процес мульчування рослинних залишків за допомогою безприводних робочих органів.

Коток-мульчувач випробовували на полях Кіровоградської області, у с. Компаніївка, на площі 8,42 га після збирання соняшнику. Умови проведення експерименту відповідали середньостатистичним у регіоні (таблиця 2.2).

«Таблиця 2.2 – Умови проведення випробувань»

№ 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 залишків	кг/м ²	0,72
7.	агрегативання мульчувача котковго типу	-	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. 2.10). Потім змінювали швидкість агрегату і повторювали виміри. Досліди проходили з п'ятикратною повторюваністю.» [7]



Рис. 2.9 Ділянка поля після соняшника



Рис. 2.10. Визначення кількості залишків

Показником якості прийнято відсоток по найбільшій кількості рослинних залишків, розміри яких не перевищують вказаного значення $L_{тр}=200$ мм, після виконання процесу подрібнення. Аналіз гістограми розподілу залишків стебел соняшника за довжиною L після обробітку (рис. 2.11 а-б) показав, що найбільша кількість залишків має довжину 100-200 мм. Дана довжина пояснюється тим, що відстань між ножами мульчувача коткового типу 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 коткового типу у польових умовах, а саме рух агрегату на схилах-підйомах, як у вертикальній, так і у горизонтальній площині. Збільшення швидкості за межі 24 км/год може впливати як на керованість агрегату так і збільшувати навантаження на раму та робочі органи мульчувача коткового типу та механізм начіпки для трактора.

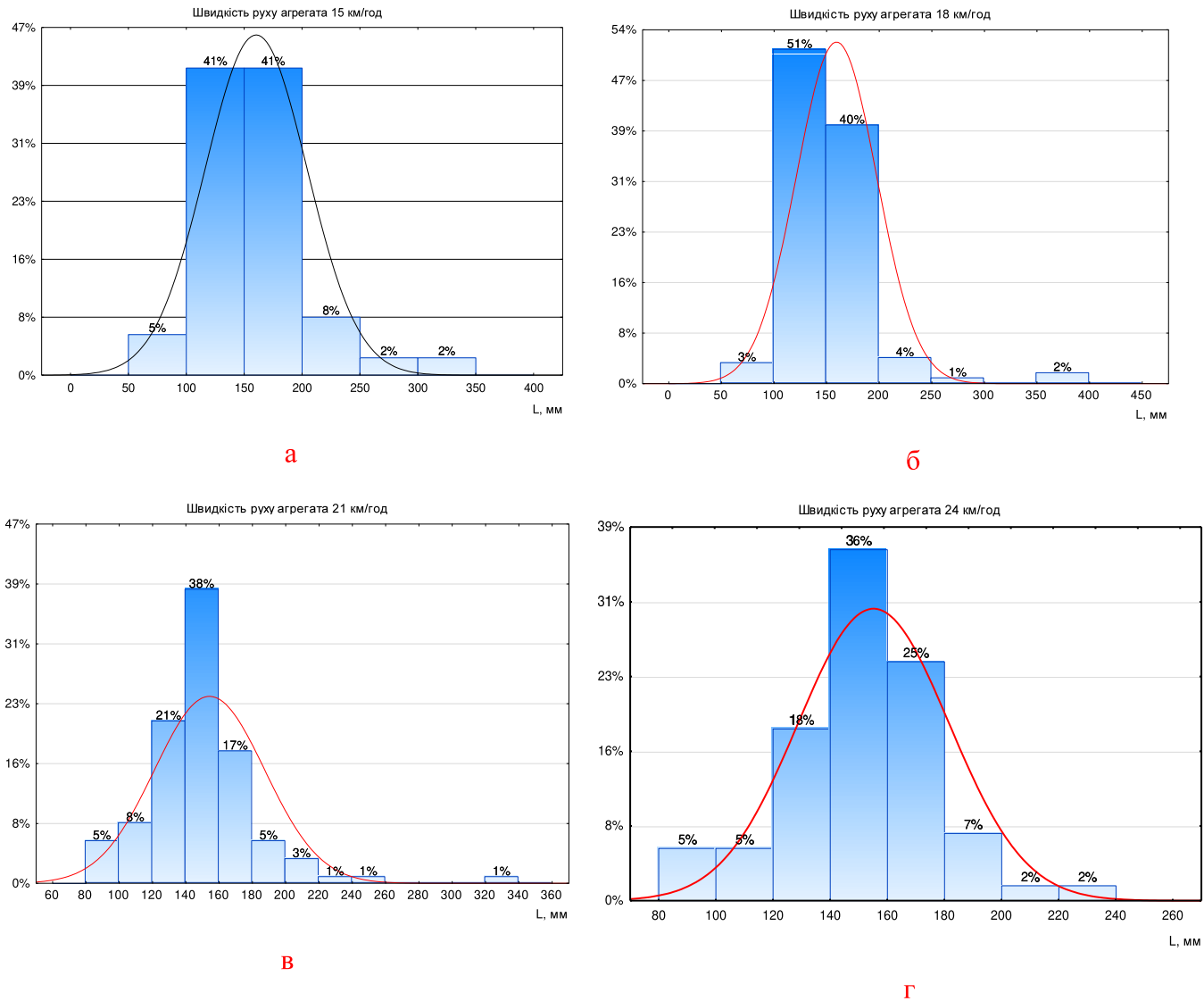


Рис. 2.11 – демонструє гістограму розподілу залишків стебел соняшнику за їх довжиною L після обробітку при різних швидкостях руху агрегата:

- «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.» [13]

Згідно вимог ННЦ "ІМЕСГ" УААН, рослинні залишки не повинні перевищувати 200 мм. Всі (понад 99%) подрібнені залишки відповідають цьому критерію (рис. 2.11 а-б).

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що конструкція мульчувача коткового типу є повністю працездатною та готовою до ефективного застосування в різних ґрунтових та кліматичних умовах. Для подальшого удосконалення конструкції машини важливо враховувати особливості та закономірності процесу подрібнення. Серед ключових факторів можна виділити:

- орієнтацію в просторі стебел соняшнику, що підлягають подрібненню;
- поступальну швидкість агрегату;
- використання додаткових робочих органів.

Дослідження підтверджує, що конструкція мульчувача коткового типу готова до ефективного застосування в різних ґрунтових та кліматичних умовах. Експериментально встановлено, що оптимальний діапазон робочих швидкостей від 18 до 23 км/год сприяє економії палива та підвищенню продуктивності.

Вплив взаємного розташування ножів роторів і стебел у момент контакту на якість мульчування досліджувався в двох варіантах: коли вісь ротора співпадає з віссю рядка та коли вісь ротора розташована посередині міжряддя. Аналіз результатів показує, що відмінність у якісних показниках при різних взаємних розташуваннях незначна і знаходиться в межах статистичної похибки. Таким чином, необхідності в особливій увазі до узгодження положення та кількості робочих органів відносно поздовжньої вісі рядків немає. Для мульчувача коткового типу цей фактор не впливає,

оскільки мульчування відбувається завдяки ножам, що перебивають залишки після їх притискання до ґрунту.

«Проте орієнтація стебел у просторі значно впливає на якість мульчування. Зі збільшенням кута нахилу стебел за напрямом руху агрегату якість подрібнення покращується на 7–8%. Це пояснюється тим, що стебла мають жорсткий контакт з рамою мульчувача, їх зламують і відкидають на поверхню поля, у зону, недосяжну для ножів. У такому випадку стебла не потрапляють під барабани з ножами мульчувача коткового типу» [8] або в умовну камеру подрібнення [7].

«Використання додаткових робочих органів – граблин при будь-якому розташуванні стебел в просторі забезпечує незначне, але стабільне підвищення показника мульчування (2–3%). Значно більший ефект (до 5%) спостерігається при мульчуванні лежачих стебел. При цьому якість мульчування менше залежить від поступальної швидкості агрегату. Зазначено, що робоча швидкість може бути збільшена майже на 1 м/с, що є важливим для підвищення загальної продуктивності машини» [7].

«Розташування граблин перед барабаном з ножами дозволяє ефективно повертати стебла таким чином, щоб зменшити поперечний перетин перерізу стебла. Аналіз відеофіксації процесу мульчування показує, що граблини орієнтують стебла під кутами від 82° до 102° до осі обертання барабану з ножами. Показник мульчування збільшується на 6–7% при швидкостях руху агрегату від 22 до 24 км/год на таких культурах, як соняшник та кукурудза» [8-9].

2.5. Теоретичне обґрунтування технологічних параметрів МРЗ

Для забезпечення якісного мульчування рослин на полі необхідно, щоб вони були якісно подрібнені і рівномірно розподілені по поверхні поля. На

сьогоднішній день не існує серійних машин, які б могли відповідати цим вимогам для високорослих зелених рослин, таких як сидерати.

Основною метою наукових досліджень є розробка конструкції ножа-мульчувача, яка забезпечить необхідну роботоздатність для подрібнення рослинної маси і рівномірне її складування на поверхні поля.

					МПЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		22

Діаметр ножового барабана D_H і кількість ножів на ньому n_H визначаються, виходячи з найбільшої товщини стиснутого шару рослинної маси h_M і глибини врізання ножів у ґрунт h_T та мінімальної довжини різки l_M за умови, коли кожен наступний ніж починає різання маси зразу після закінчення різання попереднім ножом (рис.).

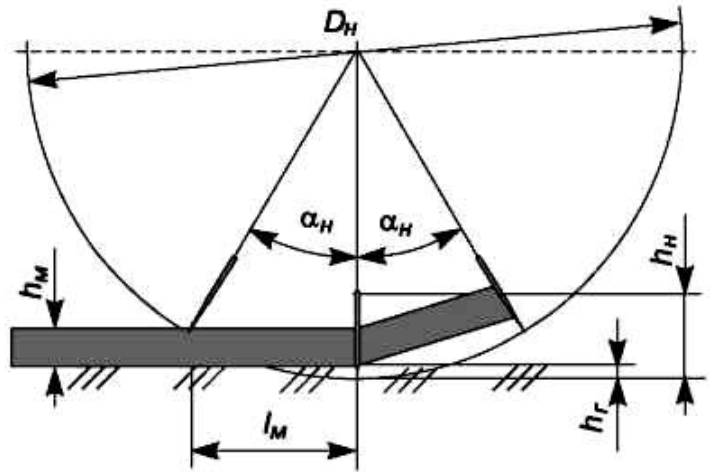


Рис. . Схема різання рослин барабанно-ножовим ротором

$$D_H \leq \frac{2l_M}{\sin \alpha_H}; \quad (1)$$

$$n_H \leq \text{Ціле}(\pi \cdot D_H / l_M); \quad (2)$$

$$\text{tg}(\alpha_H / 2) \geq \frac{h_M + h_T}{l_M}. \quad (3)$$

Після перетворення формули (3) отримаємо вираз [2]

$$\sin \alpha_H \geq \frac{2 \text{tg}(\alpha_H / 2)}{1 + \text{tg}^2(\alpha_H / 2)} = \frac{2l_M(h_M + h_T)}{l_M^2 + (h_M + h_T)^2}. \quad (4)$$

Підставимо вираз (4) у формули (1) і (2) та отримаємо вирази

$$D_H \leq \frac{l_M^2 + (h_M + h_T)^2}{h_M + h_T}; \quad (5)$$

$$n_H \leq \text{Ціле} \left(\frac{\pi [l_M^2 + (h_M + h_T)^2]}{l_M (h_M + h_T)} \right). \quad (6)$$

Найбільшу товщину стиснутого шару рослинної маси h_M можна подати через її найбільшу урожайність U_M і щільність стиснутої подрібненої маси γ_M

$$d_{\text{ст}} \leq h_M \geq U_M / \gamma_M,$$

де $d_{\text{ст}}$ — діаметр стеблини.

Мінімальний питомий кут загвинчування ножів β_n визначиться за умови одночасного різання не менше, ніж двома ножами

$$\beta_n \geq a_n \cdot D_n / B_p, \quad (8)$$

де B_p — довжина ножового барабана.

Мінімальна ширина ножів h_n функціонально залежить від товщини стиснутого шару рослинної маси h_m і глибини врізання ножів у ґрунт h_r , а конструктивно — від товщини ножа δ_n і кута його заточки χ_n

$$\delta_n \cdot \operatorname{ctg}(\chi_n) + \Delta h_n \leq h_n \leq h_m + h_r + \Delta h_n, \quad (9)$$

де Δh_n — неробоча ширина, потрібна для закріплення ножа на барабані.

Глибина врізання ножів у ґрунт h_r залежить від коливання рельєфу поверхні поля по довжині ножового барабана B_p (по його ширині за-хвату). При збільшенні B_p глибина h_r має збільшуватися. Збільшення ж глибини врізання ножів у ґрунт h_r небажане, тому що воно потребує додаткового тиску ножового барабана на ґрунт, сприяє залипання но-жів ґрунтом, ускладнює виштовхування різаної маси з-поміж ножового простору і збільшує тяговий опір машини. Тому в допосівному обробітку і під час посіву треба забезпечувати вирівнювання поверхні поля. Також є небажаним збільшення довжини ножового барабана B_p .

Довжина ножового барабана B_p має бути оптимальною з суто кон-структорських міркувань, оскільки її збільшення різко посилює ви-моги щодо міцності і жорсткості ротора, а зменшення — потребує встановлення декількох роторів, що ускладнює конструкцію машини і машинно-тракторного агрегату (МТА).

Сила тиску ножового барабана на ґрунт P_6 складається із сили, пот-рібної для різання рослинної маси P_p , сили, потрібної для затискування порізаної рослинної маси $P_{зм}$ між ножами, сили, потрібної для здирання налиплого на ножі ґрунту $P_{нг}$ і сили, потрібної для стискування ви-штовхувачів порізаної маси P_v

$$P_6 = P_p + P_{зм} + P_{нг} + P_v. \quad (10)$$

Сила P_p залежить від кількості одночасно виконуваних різань вздовж напрямку руху N_p (за виконання умов (5) і (6) $N_p=1$), питомого зусил-ля різання даної рослини конкретним ножом q_p і довжини ножового барабана B_p

$$P_p = N_p \cdot q_p \cdot B_p. \quad (11)$$

Питоме зусилля різання рослинної маси q_p буде залежати, по-пер-ше — від стану лез ножів (кут і гострота заточки), по-друге — від

фізико-механічних властивостей рослинної маси (наявність твердих деревовидних чи соковитих стеблин і листя, їх товщина і вологість, а також товщина рослинного шару h_m) і, по-третє — від стану поверхні поля (тип ґрунту, його твердість і вологість). Подібне “моделювання” різання рослинної маси можна спостерігати при звичайному кухонному нарізанні зелені: краще нарізається неперезріла соковита маса гострим з малим кутом заточки ($5-10^\circ$) ножом на рівній твердій поверхні. Якщо поверхня нерівна, то краще (повніше) різання відбувається на дещо м'якій поверхні. Досліди з різакон дисково-ножового типу [3] підтвердили наведені висновки, а саме: краще перерізався соковитий горох, ніж гірчиця, на рівних ділянках з поверхневою твердістю ґрунту в межах 3–5 МПа і вологістю 12–16% гострими дисками. На нерівній ущільненій поверхні (по колії трактора) і на розпушеній поверхні різання маси, особливо гірчиці, було незадовільним.

За будь-яких умов зусилля q_p буде визначатися зусиллям перерізання конкретним клином стеблин однієї культури, яке на близьких етапах органогенезу можна вважати прямо пропорційним їх діаметру, тобто

$$q_p / d_{ст} \approx q_{рс} / d_{стс} \approx \text{Const}, \quad (12)$$

де $q_{рс}$, $d_{стс}$ — середні значення відповідно q_p , $d_{ст}$.

Сила затискування порізаної рослинної маси між ножами $P_{зм}$ — це сила тертя стиснутих силою $P_{см}$ між ножами частинок стеблин по боковій поверхні ножів, але якщо кут β_n буде не менше за кут тертя між ножом і стеблиною $\varphi_{мн}$, то різана маса буде зісковзувати з поверхні ножів, не деформуючись і $P_{зм}=0$.

Силу стиснення $P_{см}$, за невеликих значень деформації, можна умовно вважати пропорційною цій деформації

$$P_{см} \approx N_p \cdot E_{ст} \cdot \Delta l_m \cdot F_{ст} \cdot n_{ст}, \quad (13)$$

де $E_{ст}$ — модуль пружності стеблини; Δl_m — середнє значення відносної осової деформації стеблин; $F_{ст}$ — середня площа перерізу однієї стеблини; $n_{ст}$ — середня кількість стеблин в одному перерізі ножа барабана.

Але ця сила не може перевершити критичну силу $P_{кр}$, при якій затиснуті між ножами стеблини втратять стійкість і почнуть вигинатися як стержні з шарнірно закріпленими кінцями [4], тобто

$$P_{см} \leq P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E_{ст} \cdot J_{ст}}{l_m^2} n_{ст}, \quad (14)$$

де $J_{ст}$ — момент інерції перерізу однієї стеблини.

Таким чином, значення сили $P_{зм}$ визначиться за умовою

$$\begin{aligned} P_{зм} &= 0, \text{ якщо } \beta_H \geq \varphi_{MH} = \arctg(f_{MH}); \\ P_{зм} &= P_{см}(f_{MH} \cdot \cos \beta_H - \sin \beta_H), \text{ якщо } P_{см} < P_{кр}; \\ P_{зм} &= P_{кр}(f_{MH} \cdot \cos \beta_H - \sin \beta_H), \text{ якщо } P_{см} \geq P_{кр}, \end{aligned} \quad (15)$$

де f_{MH} — коефіцієнт тертя рослинної маси об ніж.

Величина Δl_M визначиться (див. рис. 3)

$$\Delta l_M = 1 - \frac{D_H - h_M - 2h_T}{D_H} \cos(\alpha_H / 2), \quad (16)$$

або, після перетворень [2]

$$\Delta l_M = 1 - \frac{D_H - h_M - 2h_T}{D_H} \cdot \frac{l_M^2 - (h_M + h_T)^2}{l_M^2 + (h_M + h_T)^2}. \quad (17)$$

Середня площа $F_{ст}$ і момент інерції, $J_{ст}$ круглого перерізу однієї стеблини визначаються за формулами [4]

$$F_{ст} = \frac{\pi \cdot d_{ст}^2}{4}, \quad (18)$$

$$J_{ст} = \frac{\pi \cdot d_{ст}^4}{64}. \quad (19)$$

Середня кількість стеблин в одному перерізі ножового барабана

$$n_{ст} \approx 4 \frac{h_M \cdot P}{\pi \cdot d_{ст}^2} \eta_{ст}, \quad (20)$$

де $\eta_{ст}$ — середня об'ємна частка стеблин в рослинній масі.

Підставивши в (13) вирази (17), (18), (19) і (20), отримаємо

$$P_{см} \approx N_p \cdot \Delta l_M \cdot h_M \cdot B_p \cdot \eta_{ст} \left(1 - \frac{D_H - h_M - 2h_T}{D_H} \cdot \frac{l_M^2 - (h_M + h_T)^2}{l_M^2 + (h_M + h_T)^2} \right), \quad (21)$$

$$P_{кр} \approx \frac{\pi^2 \cdot E_{ст} \cdot h_M \cdot B_p \cdot d_{ст}^2 \cdot \eta_{ст}}{16l_M^2}. \quad (22)$$

Налиплий на лезі ножа ґрунт буде здиратися рослинною масою при її різанні, а силу його здирання з леза ножа $P_{нг}$ можна подати як силу зрізу

$$P_{нг} = [\tau_{зрг}] \cdot h_T \cdot B_p, \quad (23)$$

де $[\tau_{зрг}]$ — припустима напруга зрізу налиплого ґрунту.

Надійне виштовхування порізаної маси буде в разі, якщо сила стискування виштовхувачів P_B буде значно більшою за силу P_{3M} , тобто

$$P_B = k_{3B} \cdot P_{3M} + p_B \cdot B_p, \quad (24)$$

де k_{3B} — коефіцієнт запасу сили стискування виштовхувачів, $k_{3B} > 1$; p_B — питома сила виштовхування не затиснутих стеблин.

Таким чином, отримані всі залежності, необхідні для забезпечення роботоздатності конструкції запропонованого різача-мульчувача.

За запропонованими формулами виконані орієнтовні розрахунки для декількох варіантів стану рослинної маси і поля (табл., рис. 4) при: $\gamma_M = 720 \text{ кг/м}^3$ [5]; $d_{ст} = 5 \text{ мм}$; $\eta_{ст} = 0,5$; $h_T = 10 \text{ мм}$; $\delta_H = 3 \text{ мм}$; $\chi_H = 10 \text{ град.}$; $\Delta h_H = 10 \text{ мм}$; $[\tau_{зрг}] = 50 \text{ кПа}$ [7]; $k_{3B} = 1,2$; $B_p = 1,0 \text{ м}$; $p_B = 0,2 \text{ кН/м}$.

Розрахунки показали, що діаметр ножового барабана D_H має бути в межах 200–230 мм, а кількість ножів на барабані n_H в залежності від довжини різки — від 12 (при $l_M = 60 \text{ мм}$) до 8 (при $l_M = 100 \text{ мм}$). Мінімальний кут загвинчування ножів β_H за формулою (8) становить 7,2 град.,

Таблиця. Вихідні дані щодо орієнтовних розрахунків параметрів різача-мульчувача рослин з барабанно-ножовим ротором

Параметр	Позначка	Розмірність	Джерело інформації	Значення параметра за варіантами розрахунків				
				1	2	3	4	5
Урожайність рослинної маси	U_M	кг/м ²	приймається	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Діаметр стеблини	$d_{ст}$	мм	приймається	5	10	15	20	25
Мінімальна довжина різки	l_M	м	приймається	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Середнє питоме зусилля різання рослин	$q_{рс}$	кН/м	приймається	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Коефіцієнт тертя рослин по сталі	$f_{мн}$	—	[6]	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Модуль пружності стеблин різаної маси	$E_{ст}$	ГПа	[5]	0,02	0,4	0,8	1,2	1,6
Мінімальна ширина ножа	h_H	м	ф-ли (9) і (7)	27	30	35	40	45

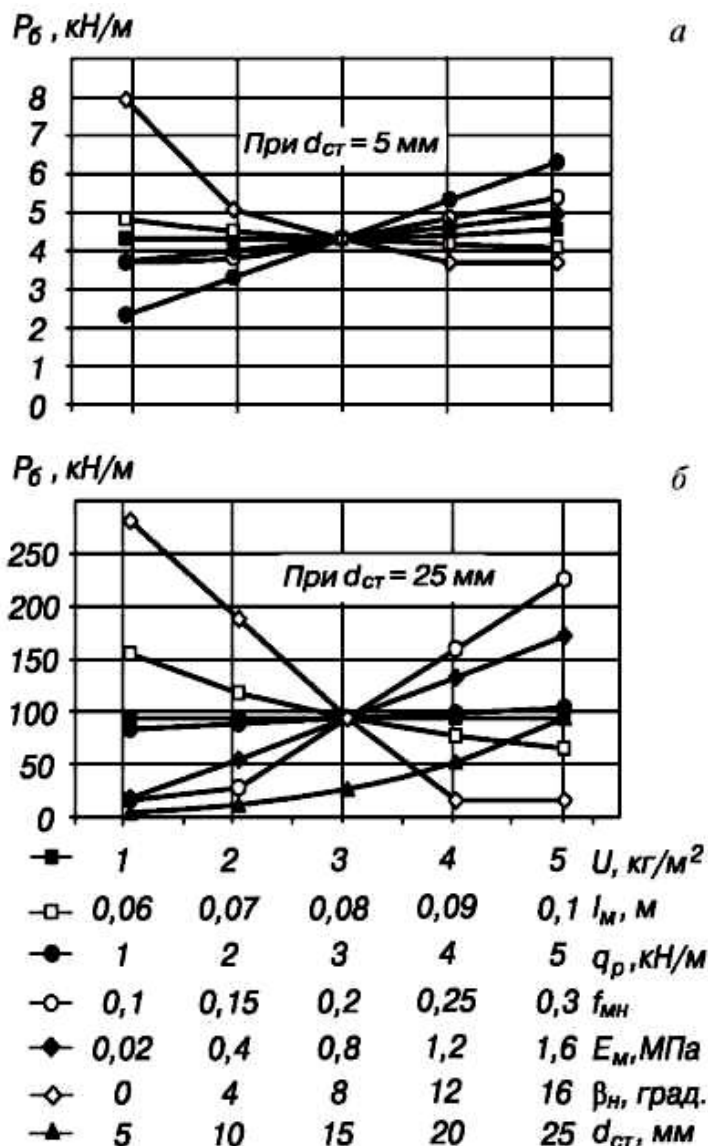


Рис. 4. Графіки залежності сили тиску ножового барабана на ґрунт P_6 від деяких параметрів роботи різака-мульчувача рослин: $\square$ — “базові” значення в розрахунках; $\blacktriangle$ — при “базових значеннях”

гостроти, кута заточки і товщини ножів, що визначають питомий опір різання, а також від пружності стебел, довжини різки і кута загвинчування лез ножів. Тому бажано використовувати сидерати з тонкою вологою й не пружною масою (наприклад, краще олійна редька ніж ріпак). Бажано, щоб потрібна довжина різки забезпечувалася при мінімальній кількості одночасних перерізень, а кут загвинчування ножів перевершував кут тертя різних стебел по поверхні ножів, щоб стебла зісковзували з поверхні ножів, не деформуючись. Випробування макет-

а за умови самосковзання порізаної рослинної маси від 6 град. (при $f_{mh}=0,1$) до 17 град. (при $f_{mh}=0,3$).

Графіки залежності сили різання рослинної маси P_p від основних параметрів різака-мульчувача подані на рис. 4, а, б.

Аналіз результатів розрахунків залежностей параметрів конструкції і умов роботи різака-мульчувача рослин ножово-барабанного типу показав наступне.

Для забезпечення довжини різки рослинної маси в межах 60–100 мм оптимальне значення діаметра ножового барабана має бути в межах 200–230 мм, а кількість ножів — відповідно від 8 до 12. Мінімальна ширина ножів і сила тиску ножового барабана на ґрунт дуже залежать від діаметра стебел рослинної маси, що перерізається. Потрібна сила тиску також в значній мірі залежить від твердості рослинної маси і її вологості,

ного зразка. Згідно з дослідженнями зразка мульчувача коткового типу, встановлено, що ключовими параметрами для забезпечення надійної і якісної роботи є вологість і твердість поверхневого шару ґрунту. Вони мають перебувати в межах 12–16% і 3–5 МПа відповідно.

Для визначення оптимальних конструктивних параметрів запропонованого котка мульчувача коткового типу, використовуються наведені формули і графіки, які враховують конкретні умови його експлуатації, зокрема вид сільськогосподарської культури, її врожайність і довжина стебла. Мінімальна довжина різки повинна складати 60–90 мм. За сприятливих умов при стеблах з діаметрами до 10 мм необхідна сила тиску ножового ротора на ґрунт повинна бути близько 7 кН/м.

2.6. Силевий аналіз механізмів і розрахунок деталей та вузлів на міцність

2.6.1. Розрахунок планки

Повздовжню планку необхідно розрахувати на згин з крученням, з урахуванням того факту, що максимальні дотичні і нормальні напруження виникають у різних точках. У даному випадку, достатньо провести розрахунок на плоский згин, нехтуючи крученням.

$$\sigma_{Б-Б_{max}} = \frac{P \cos \alpha (l_2 + 2l_3 + l_4 + l_5)}{W_{y_{Б-Б}}}$$

де $W_{y_{Б-Б}}$ – момент опору площі перерізу $Б-Б$ відносно осі у :

$$W_{y_{Б-Б}} = \frac{b_n \times b_n^2}{6} = \frac{0,01 \times 0,045^2}{6} \approx 3,375 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\sigma_{Б-Б_{max}} = \frac{55,6 \times \cos 57^\circ (0,175 + 2 \times 0,225 + 0,365 + 0,415)}{3,375 \times 10^{-6}} \approx 12,6 \text{ Мпа.}$$

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

Матеріал планки Сталь 20 з характеристиками $\sigma = 600$ МПа, що відповідає вимогам щодо міцності вузла.

2.6.2. 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 $V=K_\sigma=K_t=1,0$.

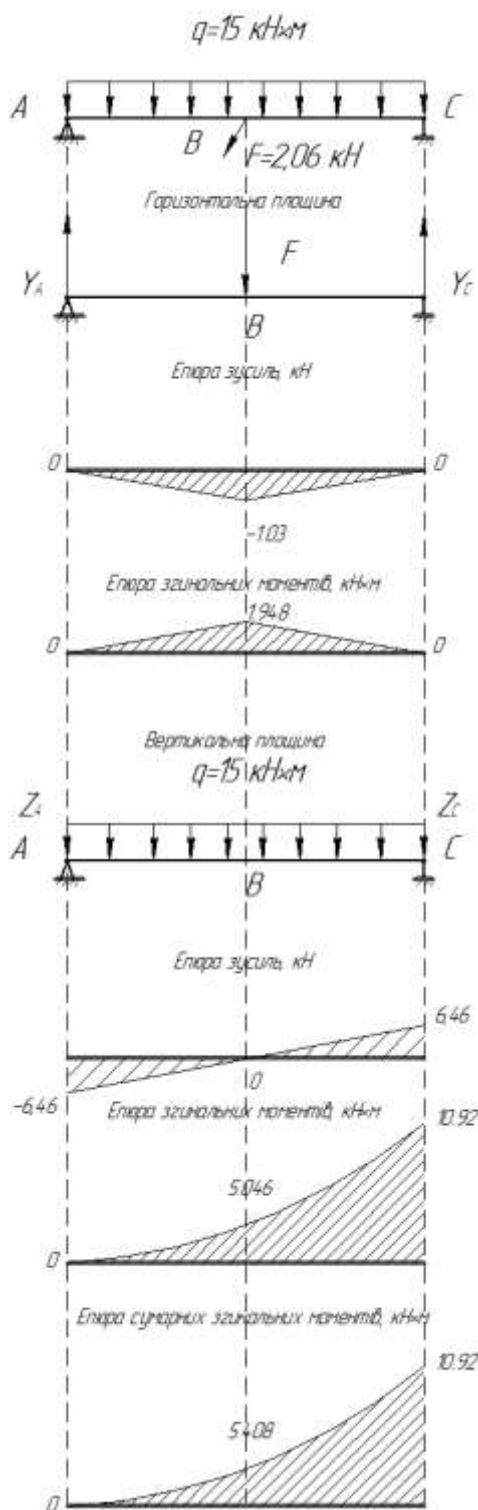
Вибираємо коефіцієнти X та Y. Відношення $\frac{F_0}{C_0} = \frac{2.06}{9.3} = 0.221$, з табл. 6.1 [12], $e=0,221$, $X=0,56$ та $Y=1,15$.

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.» [9]

2.6.3. Розрахунок осі під підшипник барабану.



Розглядаємо зусилля в горизонтальній площині.

Значення реакцій

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

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

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

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

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

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

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

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.

2.7. Висновки по науковій частині

Аналіз комплексу мульчувачів виявив загальні напрямки для вдосконалення їх конструкцій для ефективного застосування в Україні. Одним із перспективних варіантів є використання МРЗ з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу. Розроблені пропозиції щодо удосконалення МРЗ з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу передбачають встановлення ряду ґрунтообробних органів за мульчувачем-розпушувачем. Вони забезпечують якісне розрізання рослинних залишків згідно з агротехнічними вимогами для покращення якості посіву та збільшення урожайності, що підтверджено експериментальними дослідженнями. На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що конструкція мульчувача коткового типу є повністю функціональною і придатною для широкого застосування в різних ґрунтових та кліматичних умовах. Діапазон оптимальних робочих швидкостей від 18,2 до 22,3 км/год, який був експериментально підтверджений, забезпечує раціональне використання мульчувача з урахуванням економії палива та підвищення продуктивності. За допомогою вказаних формул і графіків можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого мульчувача коткового типу для рослин в залежності від конкретних умов його роботи, таких як вид сільськогосподарської культури, її врожайність і довжина різки. Мінімальна довжина різки складатиме 59–89 мм. Умови для стеблин з діаметрами до 11 мм вимагають сили тиску ножового ротора на ґрунт приблизно 7,1 кН/м. Вплив сили різання залежить від відносини сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено, що питома енергоємність може знижуватися при кутах нахилу ножа 25° – 40° через зменшення енергії, витраченої на попереднє

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

стиснення матеріалу. Основним фактором, що впливає на збільшення питомої енергоємності різання ножами з кутом нахилу понад 40^0 градусів, є зростання питомих енергетичних витрат на тертя ножа по матеріалу. Використовуючи наведені формули і графіки, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого мульчувача коткового типу для рослин в залежності від конкретних умов його роботи, таких як вид сільськогосподарської культури, її врожайність і довжина різки. Мінімальна довжина різки складатиме 60–90 мм. Умови для стеблин з діаметрами до 10 мм вимагають сили тиску ножового ротора на ґрунт приблизно 7 кН/м.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1.1. Подрібнення рослинних решток

Подрібнення рослинних решток виконується за допомогою котків-подрібнювачів Dal-Bo MaxiCut 600, агрегованих із трактором John Deere 8R.

Параметри виконання:

Глибина обробітку: 3–4 см,

Ширина захвату котка: 6 м,

Час виконання: до перших опадів.

3.1.2. Внесення добрив

Для внесення органічних добрив використовується розкидач Joskin Ferti-Cap 6013 у поєднанні з трактором Claas Axion 960.

Параметри роботи:

Швидкість: до 15 км/год,

Норма внесення: 30 т/га,

Метод: човниковий спосіб із загортанням добрив у ґрунт без розриву в часі.

3.1.3. Основний обробіток ґрунту

Для основного обробітку ґрунту використовується чизельний плуг Kverneland CLC Pro у поєднанні з трактором Fendt 936 Vario.

Глибина обробітку: до 30 см.

3.1.4. Снігозатримання

Операція проводиться трактором Case IH Magnum 340 із снігозатримуючим обладнанням Kuhn Snowliner.

3.1.5. Ранньовесняне боронування

Для виконання операції застосовується трактор Valtra T254 Versu із компактором Lemken Zirkon 12.

Глибина обробітку: до 3 см,

Робоча ширина: 6 м.

3.1.6. Обробка ґрунту в допосівний період

Для мілкового розпушування ґрунту використовується культиватор Horsch Cruiser SL 6 у поєднанні з трактором Deutz-Fahr 7250 TTV Warrior.

3.1.7. Передпосівний обробіток ґрунту

Передпосівний обробіток виконується комбінованим агрегатом Amazone Cirrus 6003-2, який об'єднує культивацію, прикочування та посів. Агрегатується з трактором John Deere 7R 330.

3.1.8. Сівба

Сівба виконується сівалкою Väderstad Rapid A 600S, що агрегатується з трактором New Holland T8.410 Genesis.

Робоча ширина: 6 м,

Швидкість роботи: до 12 км/год.

3.1.9. Прикочування посівів

Для прикочування використовується прикочувач Cambridge Dal-Bo MaxiRoll 630.

3.1.10. Підживлення азотними добривами

Для внесення азотних добрив використовується самохідний обприскувач Hardi Rubicon 9000.

3.1.11. Обробка посівів пестицидами

Обприскування здійснюється самохідним обприскувачем Berthoud Raptor 4240.

3.1.12. Обкошування та прокошування посівів

Операція виконується косаркою Krone EasyCut F 320 CV у поєднанні з трактором Massey Ferguson 8S.265.

3.1.13. Збирання урожаю озимої пшениці

Збирання проводиться комбайном Claas Lexion 8800.

У разі прямого комбайнування: безпосередній обмолот зерна,

За високої вологості: використання жатки MacDon FD140 для валкового збору.

3.2.1. Аналітичний розрахунок агрегатів

Для виконання операції сівби озимої пшениці в базовій технології застосовувався посівний агрегат у складі трактора John Deere 5055E та зернової сівалки Amazone D9 3000 Super. Для збільшення продуктивності та рентабельності пропонується використовувати більш продуктивний посівний агрегат, який складається з трактора John Deere 8R 280 та сівалки Horsch Pronto 6 DC.

Порівняльний розрахунок робочих режимів для обох агрегатів здійснюється за аналогічною методикою з використанням агротехнічних нормативів.

Згідно з нормативами швидкостей на сівбі, допустимий діапазон руху становить 7–12 км/год. Для максимальної продуктивності приймаємо швидкість:

- John Deere 5055E: 10 км/год,
- John Deere 8R 280: 12 км/год.

Визначимо тягове зусилля агрегатів на відповідних передачах із урахуванням ефективної потужності двигуна:

					MP3 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			36

- John Deere 5055E: $N_e=41\text{кВт}$,
- John Deere 8R 280: $N_e=206\text{кВт}$.

Розрахунок показує, що агрегат із трактором John Deere 8R 280 значно перевершує базовий за тяговим зусиллям, що дозволяє працювати з сівалкою ширшого захвату та значно збільшує продуктивність.

Визначення змінної продуктивності

Розрахуємо змінну продуктивність:

$P=(B_r \cdot V_r \cdot T \cdot \tau) \backslash 10$ де:

- B_r — робоча ширина агрегату, м;
- V_r — робоча швидкість, км/год;
- $T=7$ — час зміни, год;
- $\tau=0,82$ — коефіцієнт використання часу зміни.

Для базового агрегату:

- $B_r=3$ м, $V_r=10$ км/год,
- $P_b=17,22$ га/зм.

Для модернізованого агрегату:

- $B_r=6$ м, $V_r=12$ км/год,
- $P_m=49,25$ га/зм.

Витрати палива

Розраховуємо витрати палива на одиницю площі: $Q=Q_{зм} \backslash P$ де:

- $Q_{зм}$ — витрати палива за зміну, кг.

Для базового агрегату:

- $Q_{зм}=70$ кг (за годинної витрати 10 кг/год),
- $Q_b=4,07$ кг/га.

Для модернізованого агрегату:

- $Q_{зм}=140$ кг (за годинної витрати 20 кг/год),
- $Q_m=2,84$ кг/га.

Висновок

Проведені розрахунки свідчать, що використання модернізованого агрегату з трактором John Deere 8R 280 та сівалкою Horsch Pronto 6 DC забезпечує вищу продуктивність, нижчі питомі витрати палива та ефективніше використання ресурсу техніки в порівнянні з базовим варіантом.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальна частина.

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

1. При експлуатації вдосконаленого мульчувача рослинних залишків можливі наступні потенційні небезпеки та шкідливі чинники:

- відкриті рухомі частини, зокрема котки з ножами;
- відсутність захисних каркасів, які неможливо захистити в процесі роботи;
- несправність системи запуску двигуна з кабіни трактора;
- непрацездатність блокуючого пристрою запуску пускового двигуна при включеній передачі;
- проблеми з гальмівною системою;
- несправність муфти зчеплення та рульового керування;
- відсутність або недоліки в освітлювальних та контрольно-вимірювальних приладах;
- відсутність пристроїв для очищення ножів котка, що можуть забиватися ґрунтом та рослинними залишками;
- необладнаність тракторів автоматичними тягово-зчіпними пристроями для агрегування мульчувача рослинних залишків;
- потенційне підтікання палива, мастил, охолоджувальної рідини та інших технічних рідин;

					MP3 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		38

- відсутність або несправність засобів доступу до робочого місця та місць обслуговування, таких як підніжки, драбини, площадки та огороження;

- недолік пристроїв для запобігання попаданню рослинних залишків на поверхні теплообмінних елементів двигуна трактора, системи охолодження та випускної системи відпрацьованих газів;

- відсутність іскрогасників;

- рухомі механізми та обертання (рух самого агрегату, обертання котків);

- підвищений рівень шуму та вібрації від роботи двигуна трактора та нерівностей поля;

- високий рівень запилення та загазованості робочої зони механізатора, яке зумовлене підняттям пилу з поверхні поля;

- наявність гострих країв елементів конструкції мульчувача рослинних залишків;

- можливість перевертання агрегату під час роботи на схилах, нахил яких перевищує встановлені нормативи;

- проведення робіт з паливно-мастильними матеріалами під час технічного обслуговування і ремонту;

- невідповідність параметрів мікроклімату санітарним нормам під час виконання робіт в польових умовах;

- пожежна небезпека агрегату;

- електронна безпека під час робіт поблизу ліній електропередач;

- наявність хімічних речовин, що можуть бути небезпечними (паливно-мастильні матеріали, фарби, лаки, які використовуються під час ТО та ремонту).

2. «У процесі виробничої діяльності та впливу на навколишнє середовище виникають умови, що можуть створювати ризики для операторів та механізаторів. Серед найпоширеніших проблем можна виділити:

- відсутність відповідних попереджувальних знаків та написів, які б попереджали про потенційні небезпеки на агрегаті;
- відсутність необхідних 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;
- проблеми з тягово-зчіпними пристроями;
- несправність інструменту та обладнання;
- недостатнє освітлення робочих місць;
- недостатність засобів захисту від шуму та вібрації;
- невідповідність засобів індивідуального захисту технічним умовам, спецодягу та спецвзуттю.

Ці фактори створюють ризики для безпеки та здоров'я працівників, що вимагає відповідних заходів безпеки та профілактики.» [58-68]

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

1. Конструкція мульчувача рослинних залишків розроблена таким чином, щоб не заважати або не обмежувати огляд з робочого місця механізатора. Для забезпечення безпечного доступу на робоче місце та виходу з нього передбачено спеціальні підніжки. Важкодоступні місця обладнані механізмами з одноразовим змащенням підшипників, яке забезпечує їхню роботу протягом всього міжремонтного періоду. Місця розташування точок змащення позначені кольоровими покажчиками, відмінними від загального кольору машини.

2. Мульчувач рослинних залишків додатково комплектується інструментом, відсутнім у комплекті тракторів. Для ручного очищення

робочих органів передбачені спеціальні чистики, розташування яких забезпечує безпечність процедури очищення та зручний доступ до них.

3. Допустимі рівні шуму на робочому місці оператора не перевищують вимог Державних санітарних правил і норм СП 3.3.2.041-99.

4. Кольорове оформлення мульчувача рослинних залишків відповідає наступним вимогам:

- загальний фон кольору мульчувача відрізняється від основного фону, на якому він експлуатується, зокрема фону поля;
- зовнішні поверхні, які постійно знаходяться в полі зору оператора, покриті фарбою з матовою фактурою.

5. На мульчувачі рослинних залишків розміщені відповідні написи, які попереджають або забороняють неправильні дії обслуговуючого персоналу, що можуть призвести до аварійних ситуацій.

6. Параметри вібрації у вертикальних та горизонтальних напрямках на сидінні та робочій площадці оператора відповідають вимогам 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.

7. При агрегуванні машини навантаження на колеса управління трактора не перевищує 20% загальної маси агрегату. Важкі вузли машини (більше 20 кг) обладнані петлями та місцями для закріплення під час піднімання. Місця для стропування позначені згідно з вимогами Державного стандарту України 2189-93, а місця для встановлення домкратів - буквами "ДК".

4.1.3. Для забезпечення повздовжньої стійкості і керування агрегатом

«В комплекті трактора передбачено кронштейн з вантажами для їхнього закріплення на передньому брусі рами. Кути поперечної статичної стійкості для машини в агрегаті з трактором складають не менше 300 градусів. Мульчувач рослинних залишків у відчепленому стані зберігає стійкість при застосуванні до нього зусиль більше 200 Н. Для безпечного транспортування

					МРЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		41

мульчувача по дорогах загального призначення в темний час доби він обладнаний світловідбивачами: заднім червоного кольору і переднім білого кольору. На задній лівій стороні мульчувача нанесено знак обмеження максимальної швидкості згідно з ДСТУ 2189-93. Для стропування машини під час завантаження на автотранспорт, а також для перевезення до споживача, ремонту та збирання передбачені спеціальні петлі. Місця для стропування і встановлення домкратів позначені фарбою, яка відрізняється від загального фону машини. Конструкція машини забезпечує можливість її приєднання до трактора одним оператором. Зусилля для переміщення важелів регулювання не перевищують 200 Н. Загальне число робочих рухів оператора на хвилину під час регулювання та технічного обслуговування не перевищує 25» [19].

4.1.4. Заходи з пожежної безпеки.

Вдосконалений мульчувач рослинних залишків відповідає вимогам пожежної безпеки, встановленим згідно ДСТУ ISO 6309:2007, ДСТУ ІЕС 80416-1:2005, ДСТУ ISO 3864-1:2005. В кабіні трактора передбачено встановлення первинних засобів пожежогасіння. Місця для їх розташування знаходяться у легкодоступних місцях і забезпечують можливість їх зняття без застосування додаткових пристроїв. Час на зняття не перевищує 8 секунд. Агрегат комплектується одним вогнегасником марки ОП-5 і однією санітарною лопатою. У кабіні також передбачено спеціальне місце для закріплення бачка з питною водою об'ємом мінімум 3 літри.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У вирощуванні озимої пшениці внесено наступні інновації. Аналіз дизайнів мульчувачів показав недоліки основного приводу для робочих органів згідно з ВВП. Рішено замінити його мульчувачем з неприводними робочими органами, що має оригінальний спосіб розташування лез.

					МПЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

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		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

» [23]

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	-	-

У результаті впровадження запропонованої технології підсумовано наступне: її ефективність підтверджується річною економією у розмірі 28292.12 грн. Продуктивність праці за зміну зросла на 50%, витрати пального зменшилися на 28,1%, а витрати на мульчування рослинних залишків скоротилися на 34,4%.

ВИСНОВКИ

Проведений детальний аналіз мульчувачів дозволив визначити загальні стратегії для удосконалення конструкцій мульчувачів з метою оптимального використання їх на території України. Один із перспективних напрямків полягає у впровадженні мульчувача з горизонтальною віссю обертання робочих органів без приводу.

На основі проведених наукових досліджень можна зробити висновок про те, що конструкція мульчувача коткового типу є дієздатною і придатною для широкого застосування в різних ґрунтових і кліматичних умовах. Експериментально підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 24 км/год дозволяє ефективно використовувати мульчувач з метою зниження витрат пального та підвищення продуктивності.

Вплив зусиль різання залежить від взаємодії сил на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено, що питома енергоємність може знижуватися за умови кутів нахилу ножа від 250 до 400, що призводить до зменшення витрат енергії на попереднє стиснення матеріалу. Використання ножів з кутами нахилу понад 400 може призвести до збільшення питомих енергетичних витрат на тертя ножа в матеріалі.

Конструктивне виконання мульчувача відповідає вимогам стандартам та вимогам України.

Запропонована технологія є ефективною, що підтверджується річною економією в розмірі 28292.12 грн., збільшенням продуктивності праці на 50% за зміну, зменшенням витрат пального на 28,1% та зменшенням витрат на мульчування рослинних залишків на 34,4%.

					МПЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		45

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. – 244с.
2. Богатирьов Д.В. Обґрунтування перспективних напрямів конструкцій мульчувачів 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: УКРНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.
5. Богатирьов Д.В. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху мульчувача котковго типу 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.

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. Мульчувач 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.
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. 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.
15. Каплін І.М., Романенко М.П., Нагорний М.Н., Бабій О.П. Комплексна механізація виробництва зерна. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
16. Кушнарёв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.:Урожай. 1989. – 144 с.
17. 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.

18. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский.- К.: "Урожай", 1991.- 136 с.
19. Державний стандарт України ДСТУ ISO 6309:2007 "Техніка пожежна. Вимоги до заходів з пожежної безпеки".
20. Державний стандарт України ДСТУ ІЕС 80416-1:2005 "Графічна символіка. Частина 1. Загальні принципи".
21. Державний стандарт України ДСТУ ISO 3864-1:2005 "Знаки безпеки. Кольори і використання".
22. Санітарні правила СП 4282-87 "Санітарні правила при роботі з технікою та обладнанням на підприємствах сільськогосподарського виробництва".
23. Щодо надійності технологічного процесу подрібнення пожнивних решток / Сало В.М., Богатирьов Д.В., Лещенко С.М. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – випуск 53, – Кропивницький: ЦНТУ, 2023 р. – С. 93-101 (**Категорія «Б»**) DOI <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.93-101>
24. Пат. на корисну модель 134042. / Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Лузан О.Р. // Україна: МПК А01В 29/04, А01В 33/00 А01D 43/00/ № u 2018 12270; заявл. 11.12.2018; опубл. 25.04.19, Бюл. №8;
25. Пат. на корисну модель 146226. / Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Лузан О.Р. // Україна: МПК А01В29/00, А01D33/06, А01D43/10 № u a201812177; заявл. 10.12.2018; опубл. 03.02.2021, Бюл.№ 5.
26. Пат. на корисну модель 146226. / Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Мачок Ю.В., Лузан О.Р.// Україна: МПК А01В 29/00, А01D 33/06 А01D 43/10/ № ua201812177; заявл. 10.12.2018; опубл. 03.02.21, Бюл. №5

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	6
2. Наукова частина	8
3. Технологічна частина	28
4. Охорона праці	38
5. Економічна частина	41
Висновки	45
Список використаних джерел	47

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	6
2. Наукова частина	8
3. Технологічна частина	28
4. Охорона праці	38
5. Економічна частина	41
Висновки	45
Список використаних джерел	47

ДОДАТКИ

Огляд конструкцій мульчувачів коткового типу



Аксел-13



МЗС (Н-20) -12



Комп.-модульний рігучий башмаковий злітно-злітний КР-3,7К-01



Алфана 170



Коробка



Смолер НТ 3



Комп.-модульний НТ 4



Шредер ТП-1500



КР-4,3

					КПА 00.007 НЧ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Огляд конструкції	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		боси						
Проб.		богачи					-	-
Т.контр.		Мачок				Лист	Листов	1
И.контр.		Мачок			-	ЦНТУ, гр. АІ-23М-2		
Утв.		боси/богачи/мачок						

Визначення енергоємності процесу роботи котка-подрібнювача рослинних решток

КПА 00.006 НЧ

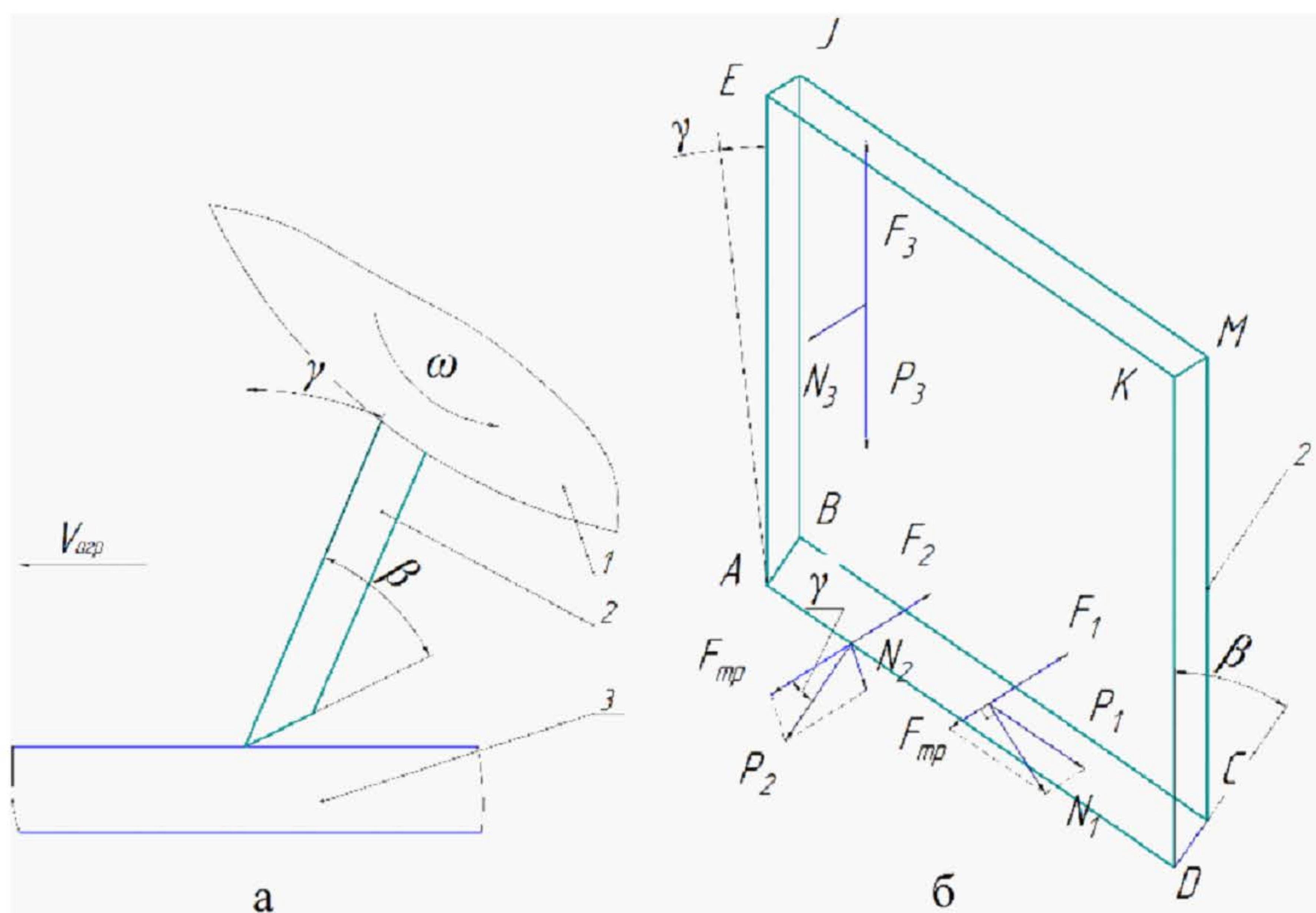


Рис. 1. Розрахункова схема:

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 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.

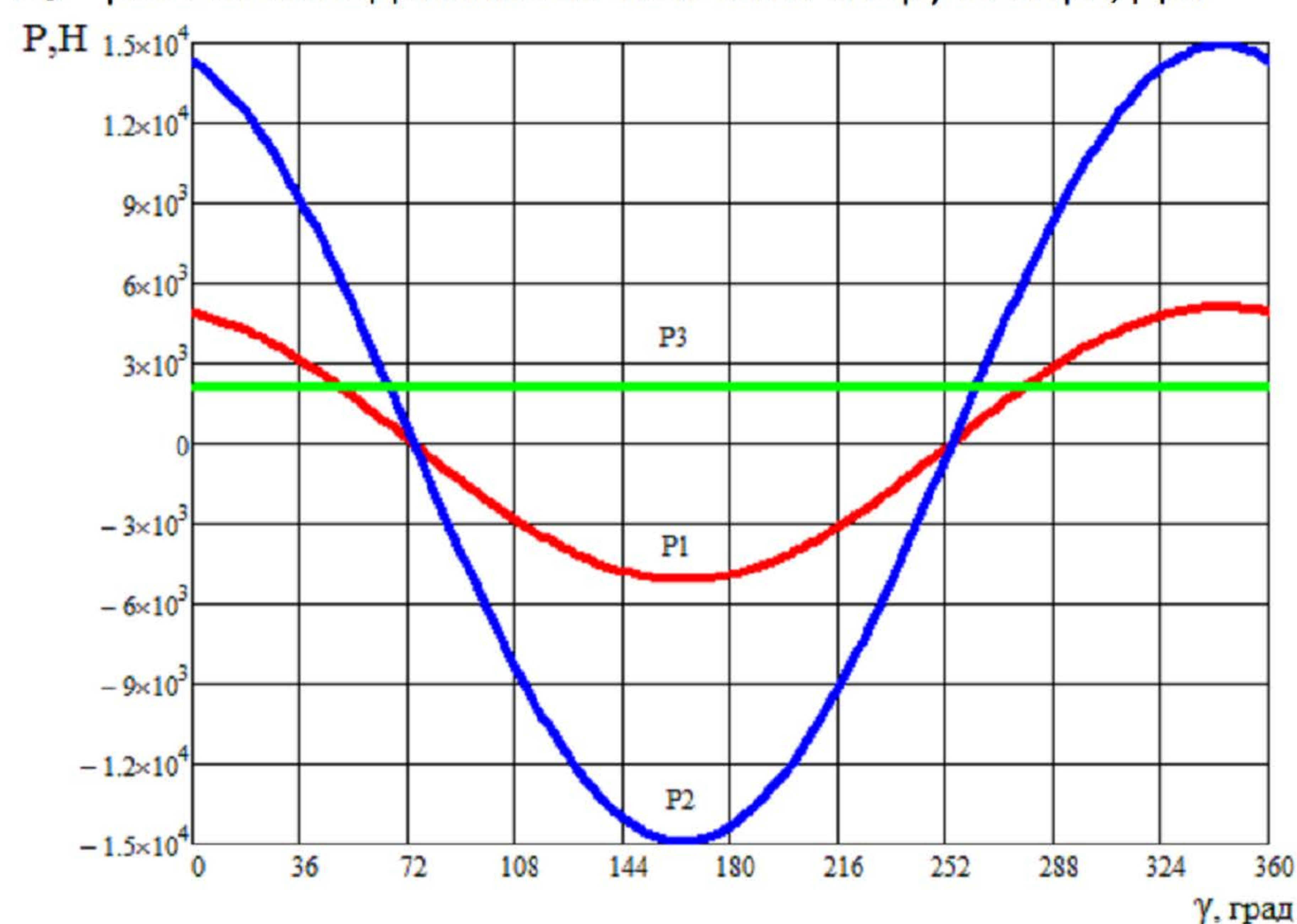


Рис. 2. Залежність складових сил різання (P_1, P_2, P_3) від значення кута γ

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):

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

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

$$P_3 = N_3 \cdot f_3,$$

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;

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

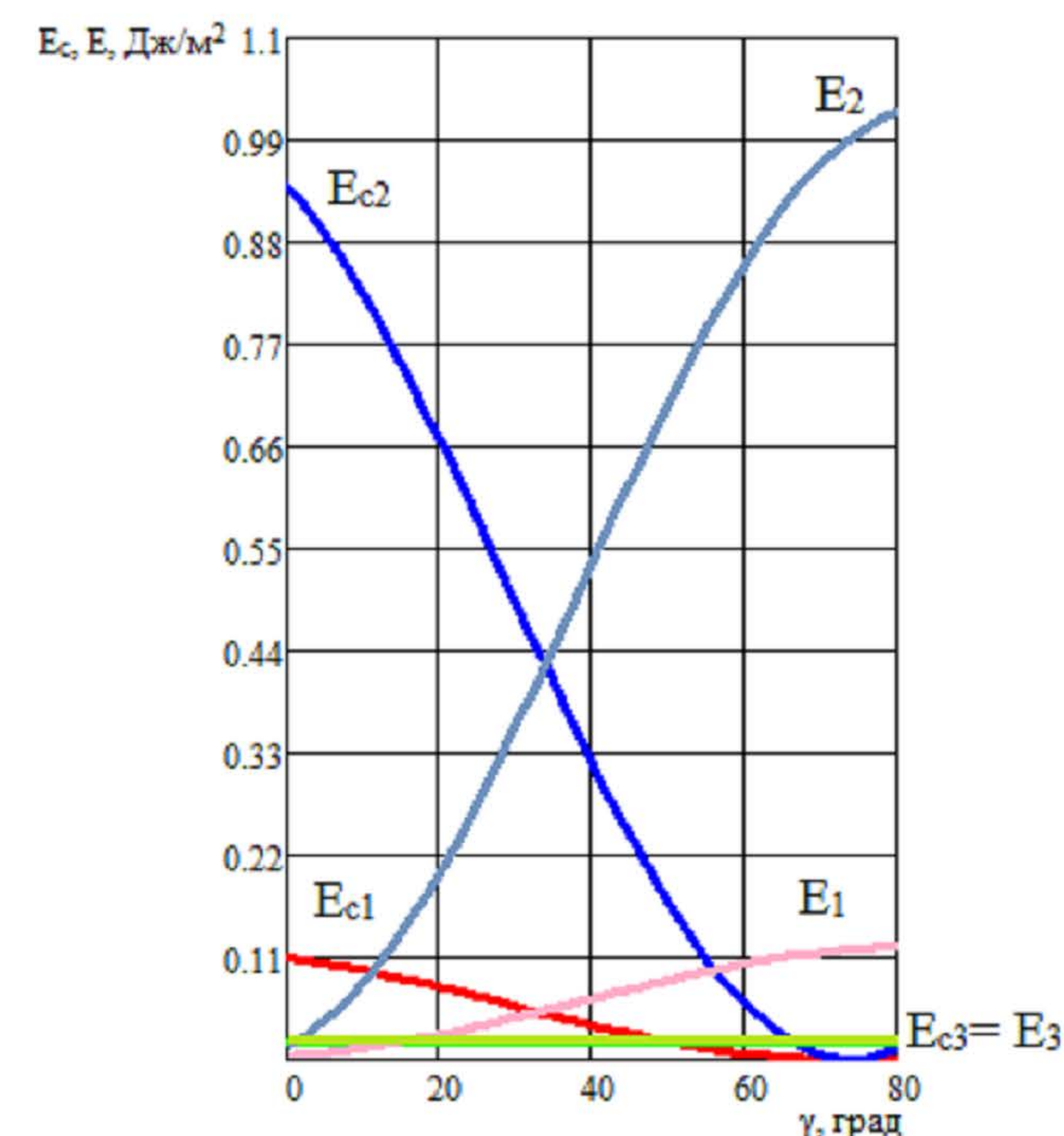
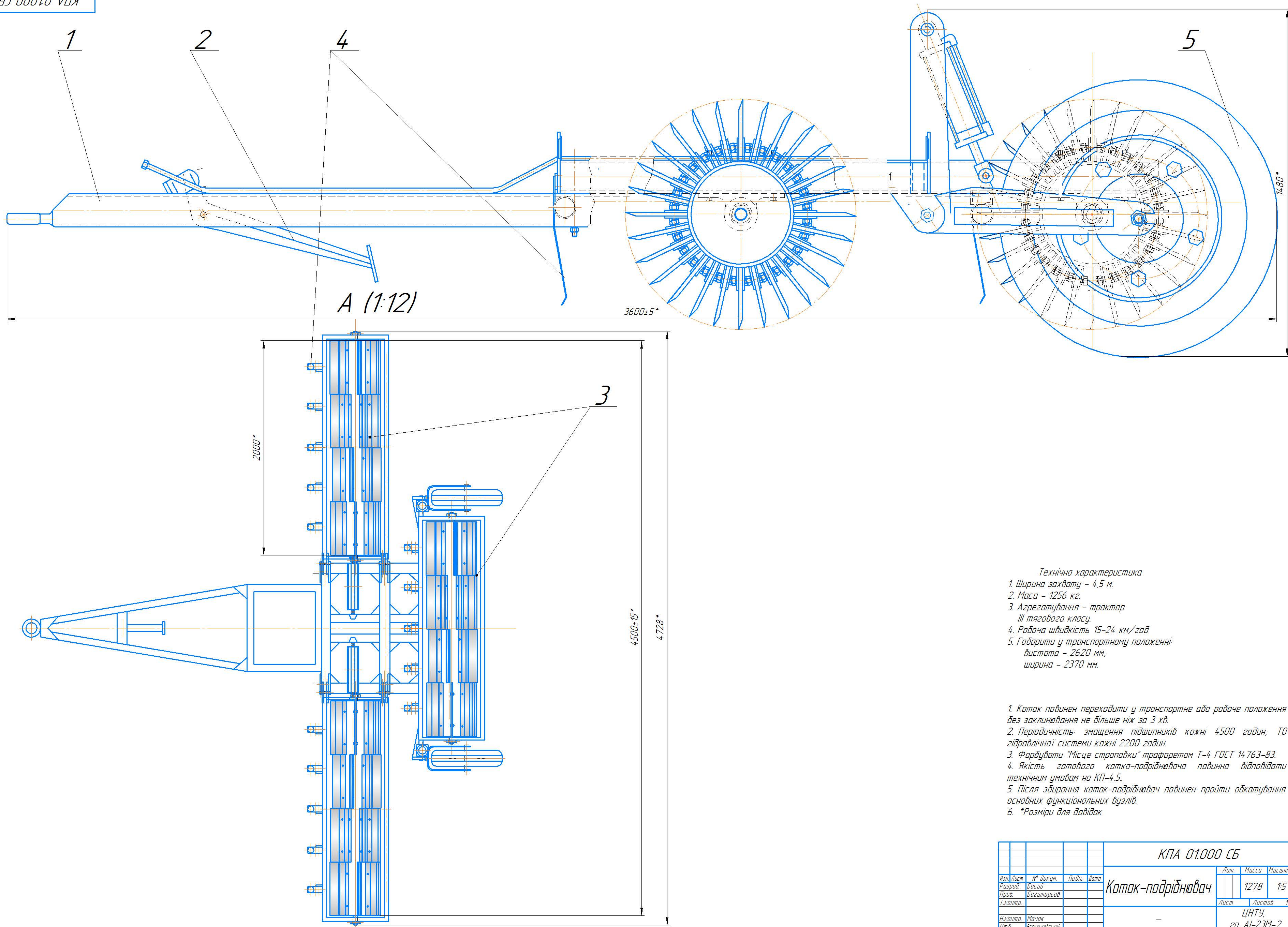


Рис. 3. Залежність питомої енергоємності (E_c) та (E) від кута γ

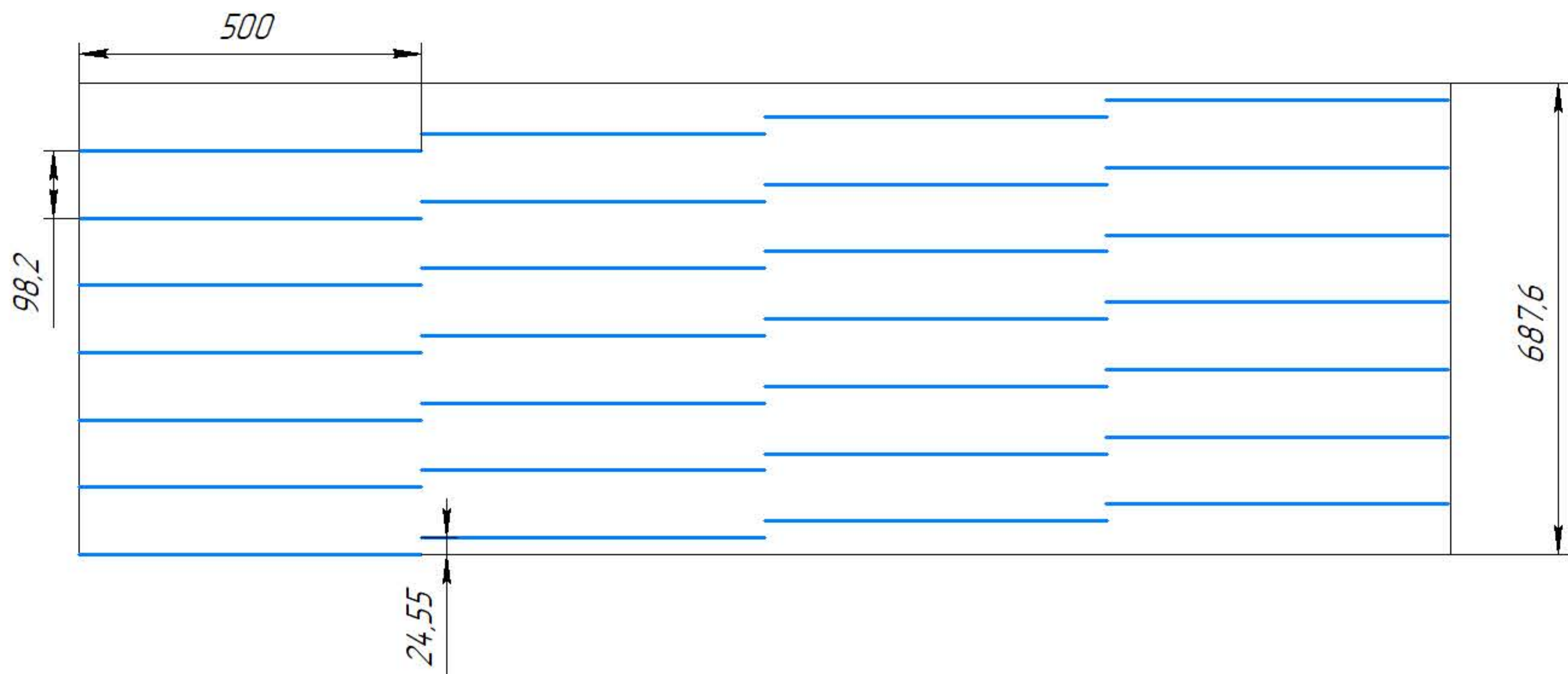
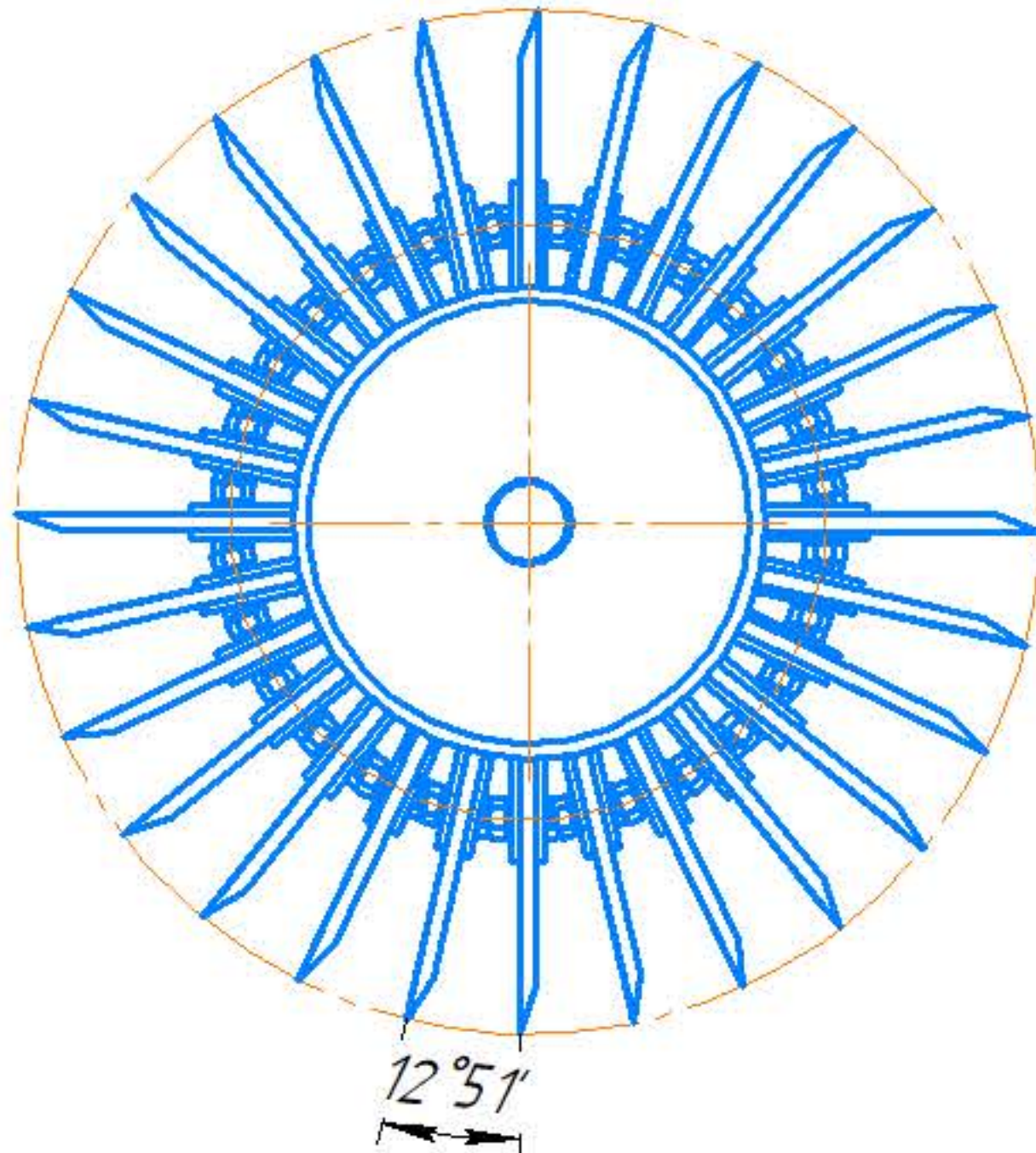
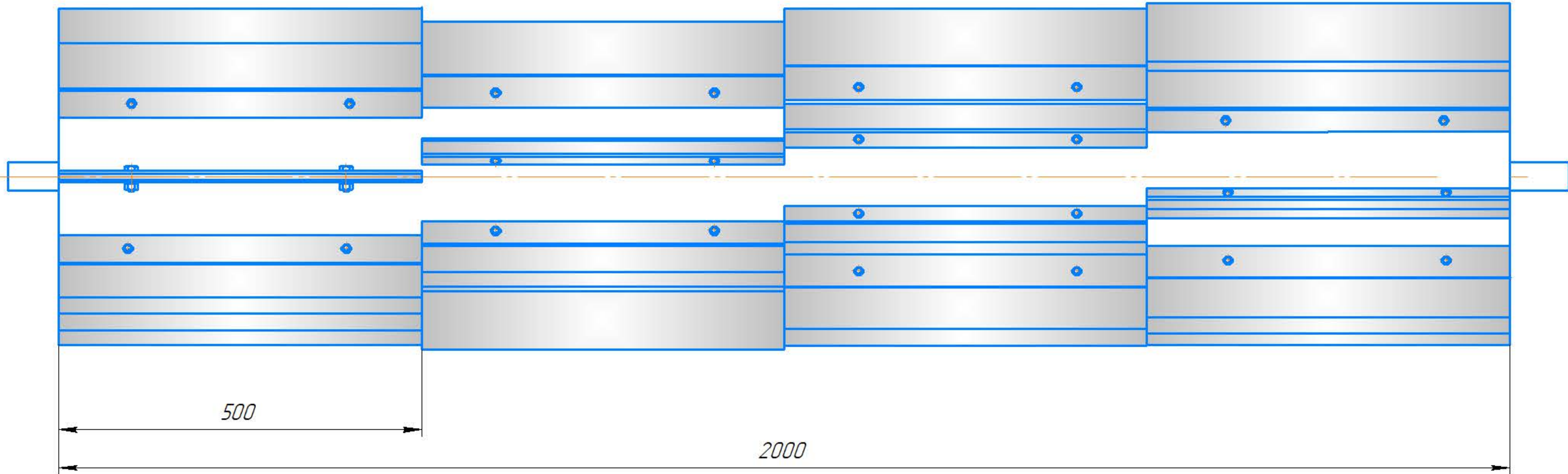


- Технічна характеристика
1. Ширина захвату – 4,5 м.
 2. Маса – 1256 кг.
 3. Агрегатування – трактор
III тягового класу.
 4. Робоча швидкість 15–24 км/год
 5. Габарити у транспортному положенні:
висота – 2620 мм,
ширина – 2370 мм.

1. Котак повинен переходити у транспортне або робоче положення без заклинювання не більше ніж за 3 хв.
2. Періодичність: змащення підшипників кожні 4500 годин, ТО гідравлічної системи кожні 2200 годин.
3. Фарбувати "Місце строповки" трафаретом Т-4 ГОСТ 14 763-83.
4. Якість готового котка-подріднювача повинна відповідати технічним умовам на КП-4.5.
5. Після збирання котка-подріднювач повинен пройти обкатування основних функціональних вузлів.
6. *Разміри для довідок

					КПА 01.000 СБ					
					Котак-подріднювач					
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист					Масса	Масштаб
Разраб.	Богус								1278	1:5
Проб.	Богатирьов			Лист					Листов	1
Т.контр.										
Н.контр.	Мачок			ЦНТУ гр. АІ-23М-2			-			
Утв.	Василько Василь									

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



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

КПА 03.000 СБ						
Коток подріднювача				Лист	Масса	Масштаб
-				274,8	15	
				Лист	Листов	1
				ЦНТУ, гр. АІ-23М-2		
Копировал				Формат А2		

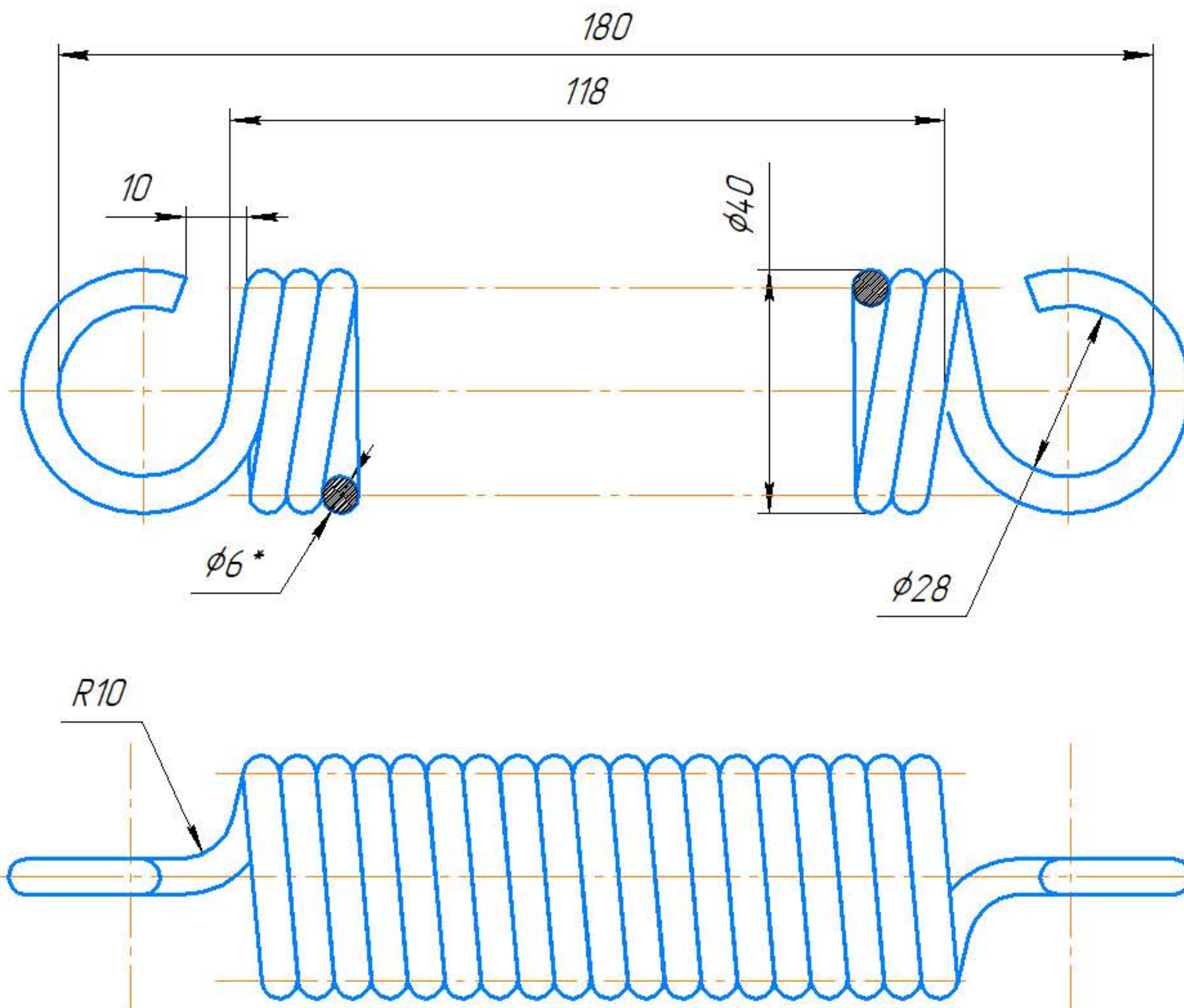
Перв. примен.	КПА 06.613				✓ Ra 12.5 (✓)			
	Справ. №							
				1. Невказані граничні відхилення розмірів ±IT14/2. 2. *Розмір для довідок.				
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КПА 06.613				
				Вісь				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
	Разраб.		Босий				0,28	1:1
	Пров.		Богатирьов					
	Т.контр.					Лист	Листов	1
	Н.контр.		Мачок			ЦНТУ,		
Утв.		Васильковський			Круг 20-Н11 ГОСТ 7417-75			зр. АІ-23М-2
					Круг 20-В-Т ГОСТ 1051-73			Формат А4
					Копировал			

Перв. примен.	Справ. №	КПА 03.601		✓ Ra12,5 (✓)																																	
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	1. Периодичність заточування лез 200 годин. 2. *Разміри для довідок.																																
<table><tr><td colspan="5">КПА 03.601</td><td colspan="3">Лит. Масса Масштаб</td></tr><tr><td colspan="5">Ніж</td><td colspan="3">12 1:2</td></tr><tr><td colspan="5">Лист 10X1500X6000 ГОСТ 19903-74 65Г ГОСТ 19281-89</td><td colspan="3">Лист 1</td></tr><tr><td colspan="5">ЦНТУ, гр. АІ-23М-2</td><td colspan="3">Формат А3</td></tr></table>						КПА 03.601					Лит. Масса Масштаб			Ніж					12 1:2			Лист 10X1500X6000 ГОСТ 19903-74 65Г ГОСТ 19281-89					Лист 1			ЦНТУ, гр. АІ-23М-2					Формат А3		
КПА 03.601					Лит. Масса Масштаб																																
Ніж					12 1:2																																
Лист 10X1500X6000 ГОСТ 19903-74 65Г ГОСТ 19281-89					Лист 1																																
ЦНТУ, гр. АІ-23М-2					Формат А3																																

✓ (✓)



					КПА 07.643			
					Пластина	Лист.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Богий						1,26	1:1
Пров.	Богатирьев							
Т.контр.						Лист	Листов	1
					Лист	Б-ПН-0-8 ГОСТ 19903-74 СтЗпс ГОСТ 14637-89		
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ, гр. АІ-23М-2		
Утв.	Васильковський							



1. HRCз 47 ... 53.
2. Пружина II класу №127 ГОСТ 13772-86. Напрямок навітки - правий. Число робочих витків - 19.І інші технічні вимоги за ГОСТ 16118-76.
- 3.*Розміри для довідок.
4. Довжина розгортки $L_p = 2354$ мм.
5. Покриття Ц9хр. за ГОСТ 9.306-85.

					КПА 06.603				
					Пружина	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Босий						0,52	1:1	
Пров.	Богатирьов								
Т.контр.						Лист	Листов	1	
Н.контр.	Мачок				Проволока 60С2А-Н-ХН-6,0			ЦНТУ,	
Утв.	Васильковский				ГОСТ 14963-78			гр. АІ-23М-2	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

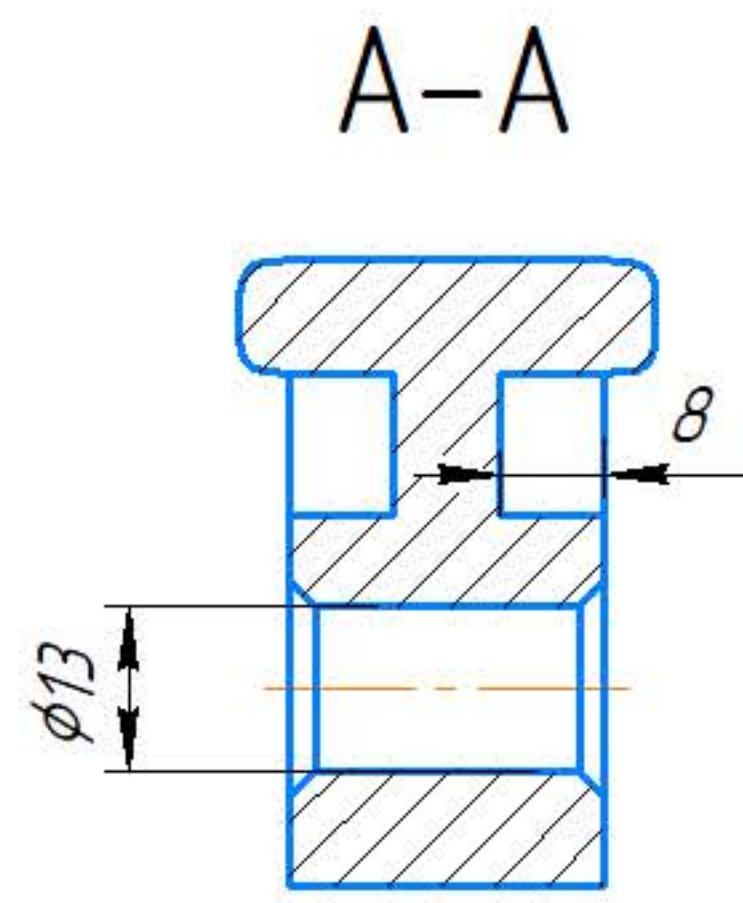
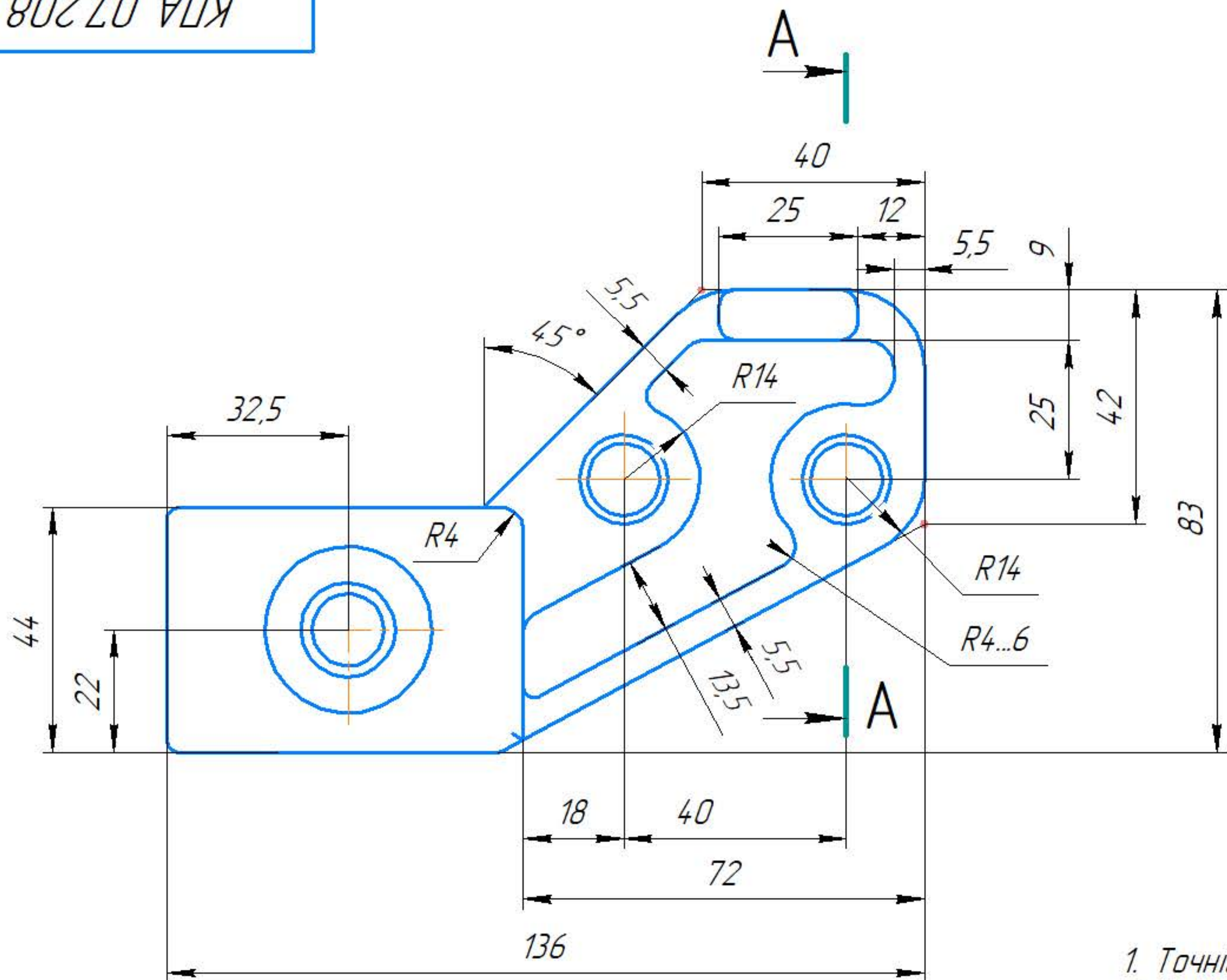
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

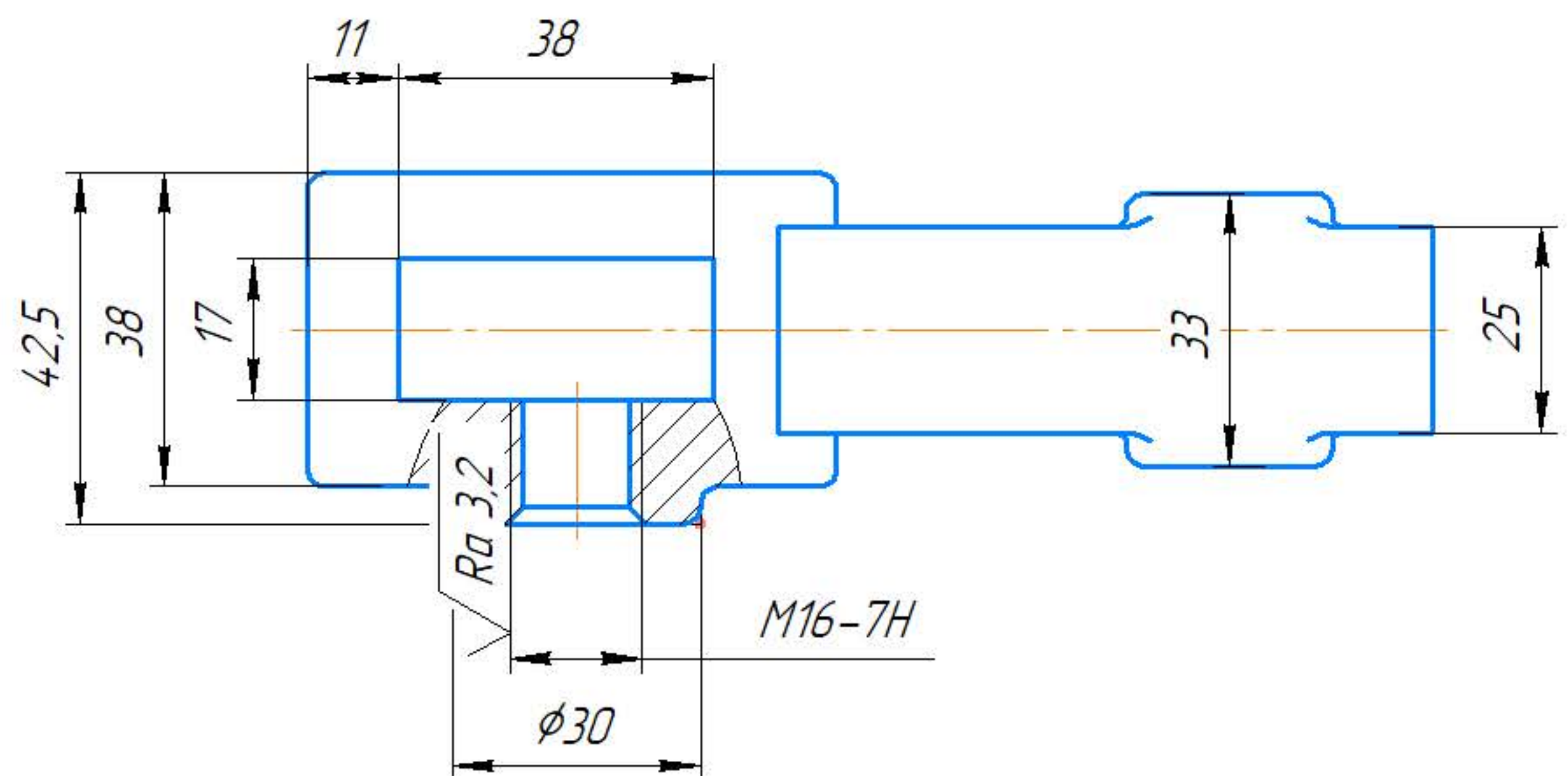
Подп. и дата

Инв. № подл.

КПА 07.208



1. Точність відливки 10-11 ГОСТ 26645-85.
2. Формувальні ухили за ГОСТ 3212-92.
3. Невказані ливарні радіуси 2...3 мм.
4. Тріщини та сквозні раковини не допускаються.
5. Невказані граничні відхилення оброблених поверхонь $\pm IT15/2$; H14.
6. Невказані фаски $2 \times 45^\circ$.



					КПА 07.208			
					Тримач	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			1,1	1:1
Разраб.		Босий						
Пров.		Богатирьов						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.		Мачок			Сталь 45 ГОСТ 1050-88	ЦНТУ,		
Утв.		Васильковский				гр. АІ-23М-2		

[illegible]

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	Мульчувач котковий	
Розроб.	Босий					
Перев.	Богатирьов					
Н. контр.	Мачок					
Затв.	Васильковський				ЦНТУ, гр. АІ-23М-2	

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2024 року

Графічна частина

дипломної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему «Механізація вирощування озимої пшениці з розробкою мульчувача
рослинних залишків»
на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу, групи АІ-23М-2
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ В.С. Босий

Керівник

_____ Д.В. Богатирьов

Нормоконтроль

_____ Ю.В. Мачок

Кропивницький 2024