

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 20 ____ р.
Зав. кафедри _____ к.т.н., доцент _____
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ А.В. Войтік _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)

(назва освітнього рівня)

тема роботи **«УДОСКОНАЛЕННЯ ПОДРІБНЮВАЧА РОСЛИННИХ РЕШТОК
З ДОСЛІДЖЕННЯМ ЙОГО ПАРАМЕТРІВ»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми бакалавра
спеціальності 208
_____ «Агроінженерія» _____
_____ Діденко Б.О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Лісовий І.О. _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
А.В. Войтік
“ ” 20 __ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)**

студенту Діденку Богдану Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення подрібнювача рослинних решток з дослідженням його параметрів»

керівник роботи Лісовий І.О., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«12» травня 20 23 р. № №01-06/95

2. Строк подання студентом роботи 25.05.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи;

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ; Розділ 1. Стан питання по подрібненні рослинних решток листової та кореневої системи рослин попередників засобами механізації; Розділ 2 Дослідження коток-подрібнювач рослинних решток; Розділ 3. Охорона праці Розділ 4 Обґрунтування досягнутих результатів; Загальні висновки; Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	01.11.2022 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання по подрібненні рослинних решток листової та кореневої системи рослин попередників засобами механізації	29.12.2022 р.	
3.	Розділ 2 Дослідження коток-подрібнювач рослинних решток	20.02.2023 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	04.04.2023 р.	
5.	Розділ 4. Обґрунтування досягнутих результатів	02.05.2023 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини роботи	12.05.2023 р.	
7	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.05.2023р.	

Студент

(підпис)

Діденко Б.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лісовий І.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ПО ПОДРІБНЕННІ РОСЛИННИХ РЕШТОК ЛИСТОВОЇ ТА КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РОСЛИН ПОПЕРЕДНИКІВ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ	7
1.1 Аналіз та класифікація технічних засобів, що застосовуються для подрібнення рослинних решток та мульчування	7
1.2 Висновки, мета і завдання дослідження	10
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОТОК-ПОДРІБНЮВАЧ РОСЛИННИХ РЕШТОК	12
2.1. Обґрунтування схема вдосконаленої машини	12
2.2. Енергоємності процесу перерізання котка-подрібнювача рослинних решток	14
Висновки по розділу	20
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	21
3.1. Характеристика і аналіз ризиків виникнення небезпечних та шкідливих факторів час експлуатації подрібнювача рослинних решток	21
3.2. Заходи по забезпеченню нормальних санітарно-гігієнічних умов праці на модернізованому агрегаті	23
3.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи подрібнювача рослинних решток	24
Висновки по розділу	25
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	26
Висновки по розділу	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28
ДОДАТКИ	32

ВСТУП

Найбільш легким, швидким, дешевим, але незаконним і шкідливим способом звільнення поля від рослинних решток є її спалювання. Більшість аграріїв спалюють рослинні рештки безпосередньо у полі, що призводить до втрати азоту, вуглеводів та погіршення мікрофлори ґрунту [1-6].

Застосування рослинних решток як органічного добрива вимагає часу, додаткових затрат на подрібнення та перерозподіл решток по поверхні, загортання на оптимальну глибину внесення додаткових доз мінеральних добрив або посів сидератів. Все це вимагає коштів і багаторічного системного підходу [2].

Застосування соломи для мульчування ґрунту має багато очевидних переваг. Цей агроприйом в першу чергу застосовується для зменшення фізичного випаровування вологи з ґрунту. В посушливих умовах непродуктивні втрати вологи зменшуються в 1,7 раза, а при достатньому зволоженні — втричі. Істотний позитивний вплив мульчування на режим випаровування сягає до глибини 50 см. Мульчування також поліпшує температурний режим, агрофізичний стан ґрунту, агрохімічні та біологічні показники. Крім того, мульчування істотно підвищує ефективність дії мінеральних добрив, особливо в посушливих умовах вирощування. Урожайність сільськогосподарських культур за таких екстремальних умов лише внаслідок мульчування підвищується на 20–25 % [2].

До якості подрібнення рослинних решток висувається низка агротехнічних вимог, дотримання яких можливе тільки за умов урахування залежності якісних показників від технологічних параметрів. Ці умови є базовими при проектуванні нових машин і знарядь. Науковцями постійно здійснюється пошук нових техніко-технологічних рішень та удосконалення конструкцій подрібнювачів [4, 5, 7, 8]. Проте відсутність загальної методології обґрунтування раціональних технологічних параметрів як комбінованих машин, що містять дискові ротаційні знаряддя та котки-подрібнювачі, так і котки-подрібнювачі у вигляді

монозряддя, призводить до подальших серйозних прорахунків, які виникають при проектуванні нових. Сліпе копіювання чужих розробок, що нерідко спостерігається в сучасних умовах виробництва, призводить до накопичення проблем та подальшого застосування не обґрунтованих рішень [4].

Якість роботи подрібнювачів в значній мірі залежить від правильного вибору їх раціональних параметрів і режимів роботи, які повністю визначаються не тільки конструкційними особливостями, але й умовами експлуатації. Технічне забезпечення даних процесів покладається на спеціальні машини – подрібнювачі рослинних решток. В останні роки Україну заповнили нетрадиційні, а в ряді випадків і невідомі до цього часу для працівників села технології виробництва продукції рослинництва [4]. Розпочалися зміни з використання імпортованих комбайнів, які залишали на полях практично всю незернову частину врожаю. Такі прийоми дозволили підвищити продуктивність процесів збирання, скоротити загальні терміни жнив, але виникла проблема подальшої переробки рослинних решток. В таких випадках використовують спеціальні машини – подрібнювачі рослинних решток [4, 9].

Метою роботи є: удосконалення конструкції подрібнювача рослинних решток.

Об'єкт дослідження – технологічний процес подрібнення рослинних решток.

Предмет дослідження – залежності і взаємозв'язок показників ефективності розподілу та подрібнення рослинних решток від конструкційних параметрами і режимами руху машини.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ПО ПОДРІБНЕННІ РОСЛИННИХ РЕШТОК ЛИСТОВОЇ ТА КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РОСЛИН ПОПЕРЕДНИКІВ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ

1.1 Аналіз та класифікація технічних засобів, що застосовуються для подрібнення рослинних решток та мульчування

Подрібнення рослинних решток –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 луценням чи дискуванням полів. Подрібнення рослинних решток 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 вимог до їх роботи ще не розроблено. Має місце рекомендація Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» щодо розмірів подрібнених рослинних решток. 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% [8, 10].

Подрібнювачі рослинних решток на поверхні поля після збирання врожаю є машинами, використання яких широко запроваджується ,як невід’ємна операція в загальній ґрунтозахисній, енергозберігаючій технології виробництва продукції рослинництва. 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 переуцілювання, а головне – перерозпушування і руйнування структури, відновлення якої потребує багатьох десятиліть. Подрібнення та рівномірний розподіл рослинних решток є першорядним завданням в системі забезпечення раціональних способів

обробітку ґрунту. Подрібнювачі рослинних решток мають широку класифікацію. Провідні машинобудівні фірми світу виготовляють подрібнювачі рослинних решток широкими типорозмірними рядами для тракторів потужністю від 15 до 190 кВт [8, 10]. У цих технічних засобах застосовуються два типи подрібнювальних робочих органів – з горизонтальною віссю обертання ротора, на якому встановлюються ножі, та з вертикальною віссю обертання молотків (ножів). За характером функціонування робочих органів подрібнювачі поділяються на дві групи: подрібнювачі з активними робочими органами з приводом та активними робочими органами без приводу. В свою чергу, до подрібнювачів з активними робочими органами без приводу відносяться: борони дискові (з гладкими та вирізними дисками), лушпильники (дискові, лемішні) та котки, а з активними з приводом: косарки-подрібнювачі (з жорсткими та шарнірними молотками) та комбіновані агрегати (з вертикальними, горизонтальними та похилими осями обертання). Представники першої групи ідеально підходять для роботи на великих площах для подрібнювання рослинних решток кукурудзи, соняшнику, ріпаку та інших рослин після збирання врожаю або високої трави й чагарників на занедбаних і необроблюваних землях. Тип ножів обирається залежно від виду рослинних решток, які потрібно подрібнювати. Подрібнювач має жорстку конструкцію, простий в експлуатації й технічному обслуговуванні. У той же час, конструкція з шарнірним закріпленням бокових секцій роторів дозволяє працювати на площах з рельєфом $\pm 15^\circ$ угору й униз від поверхні землі по ходу руху трактора. Подрібнювач підходить для інтенсивної роботи на великих площах. Агрегатується машина з тракторами потужністю – 220...280 к.с. При частоті обертання ВВП 1000 об/хв. Забезпечується частота обертання ротора 2250 об/хв [10, 11].

На ринку сільськогосподарської техніки України ГІРР представлено двома основними групами: з вертикальною та горизонтальною віссю обертання активних робочих органів. В Україні набули поширення ГІРР з вертикальною віссю обертання фірм «Schutle» (Канада), «Kunh» (Франція), «Joskin» (Бельгія),

«Del Mogipo» (Італія) та «MCMS» (Польща). Вітчизняними фахівцями також розроблено пробні партії ГПП: ПН- 2 «Білоцерків-МАЗ», ПР-2,6 «Агрореммаш», ГРУ-2,8 «Бердянськсільмаш» та інші. Подрібнювані з горизонтальною віссю обертання представлено фірмами «Kunh» (Франція) «Mashio» (Італія), «Rhino» та «John Deer» (CLTIA) [12].

Висота подрібнення рослинних решток в розглянутих типах машин регулюється опорними колесами. Ножі не повинні контактувати з ґрунтом з двох причин: по-перше –це недопустимо з точки зору руйнування структури ґрунту, а по-друге –при контактві ножів з ґрунтом виникають надмірні динамічні навантаження на механізми приводу, що суттєво знижує надійність та скорочує ресурс машини в цілому. Щоб знизити вплив таких негативних явищ в конструкціях механізмів приводу передбачаються обгінні запобіжні муфти. Основним технологічним недоліком при роботі машин з активним приводом є те, що вони погано подрібнюють рослинні рештки, які лежать на поверхні поля і, особливо, в міжряддях просапних попередників (соняшнику, кукурудзи та ін.). Щоб забезпечити мінімально можливу висоту обертання ножів над поверхнею ґрунту і високий рівень її копіювання пропонується обмежувати простір камери подрібнювання не якірними ланцюгами, а встановлювати позаду ножів гребінки з зубами. Завдяки тому, що нижні кінці зубів мають від’ємний кут γ контакту з ґрунтом, вони не заглиблюються в нього, а ковзають по поверхні, підіймають рослинні рештки і подають в зону дії ножів. Одночасно з цим виконують функції протирізальних пластин, що сприяє кращому подрібненню стебел. Іншим недоліком таких машин є висока енергоємність процесу, періодичні динамічні навантаження, а отже і відповідні потреби потужності на привод робочих органів [8, 10, 12]. В результаті цього непоодинокими є випадки швидкого виходу з ладу роздавальних механізмів самих тракторів. Певною мірою, позбавлені вказаних недоліків машини для подрібнення рослинних решток з активними робочими органами без приводу. На підставі аналізу існуючих конструкцій котків-подрібнювачів та дослідних

зразків окремих їх секцій і результатів випробування [12-14, 16-19] науковцями розроблена удосконалена конструкція машини аналогічного призначення.

Перебивання рослинних решток відбувається за принципом підпорного різання. Функцію опори в даному випадку виконує ґрунт. Очевидно, що для виконання даного процесу необхідна значна маса машини. Конструктивна маса котка становить 3,1 т, але для якісного подрібнення стебел кукурудзи і такої маси не завжди достатньо. Тому передбачена можливість заповнювати порожнину циліндрів ножових барабанів водою і доводити їх експлуатаційну масу до 5 т. Тиск, з яким він діє на рослинні рештки, становить понад 1,2 т. Коток здатний працювати на швидкостях до 25 км/год і забезпечувати експлуатаційну продуктивність до 10 га/год. Подрібнювачі рослинних решток представлених груп мають ряд позитивних і негативних властивостей. Машини з приводом робочих органів забезпечують подрібнення рослинних решток без контакту з ґрунтом і не руйнують його структуру, але вони мають досить складну конструкцію та потребують значних затрат енергії на привод робочих органів і не подрібнюють рослинні рештки, які лежать на поверхні поля [10, 12].

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

1.2 Висновки, мета і завдання дослідження

Отже, ефективне використання котків-подрібнювачів, при подрібненні рослинних решток після збирання врожаю є актуальним.

Метою роботи є: удосконалення конструкції подрібнювача рослинних решток.

Завдання досліджень:

1. Для досягнення максимального використання власної ваги подрібнювача необхідно спрямувати результуючу сили 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» [12] з урахуванням фізико-механічних властивостей частинок ґрунту і рослинних решток при їх взаємодії.

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

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОТОК-ПОДРІБНЮВАЧ РОСЛИННИХ РЕШТОК

2.1. Обґрунтування схема вдосконаленої машини

Зробивши огляд конструкцій [2, 8, 10, 15] для модернізації візьмемо коток-подрібнювач рослинних решток КП-4,5.

Машина має жорстку центральну раму поєднану в одне ціле з причіпним пристроєм 1 (рис. 2.1, 2.2).

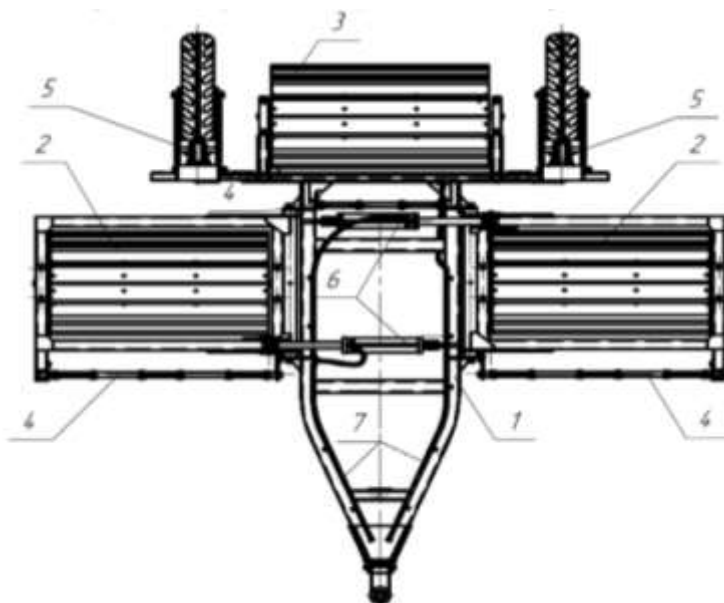


Рис.2.1 Коток-подрібнювач рослинних решток КП-4,5 (Вигляд зверху)
[10]

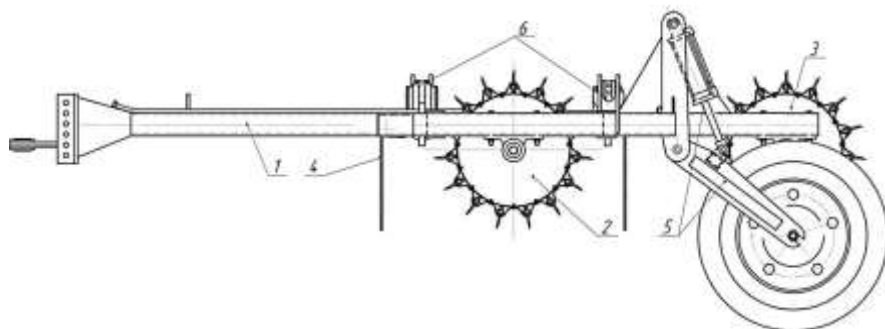


Рис.2.2 Схема котка-подрібнювача рослинних решток КП-4,5(Вигляд збоку) [10]:1 –причіпний пристрій; 2 –передні роторні барабани; 3 –задній роторний барабан; 4 –граблі напрямники рослинних решток; 5 –механізми переведення котка в транспортне положення;6 –гідравлічні циліндри переведення бічних котків в транспортне положення;7 –гідравлічна система

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 транспортуванні по полях на невеликі відстані коток переводиться в транспортне положення завдяки гідравлічному механізму 5 з двома опорними колесами [10, 18].

Штоки гідроциліндрів через перемичку на вилках підкочують колеса під основну раму і піднімають 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 ножевої полоси 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 решток становить 170мм. З метою покращення рівномірності подрібнення рослинних решток конструкція котка обладнана граблинами-напрямниками 4 (рис. 2.3), які складаються з вала 1 та пружинних пальців 2. Передбачене регулювання положення пальців у вертикальній площині дозволяє змінювати активність їх впливу на рослинні рештки і орієнтувати їх перпендикулярно до дії ножів. Таким чином і забезпечується краща рівномірність подрібнення [10, 19].

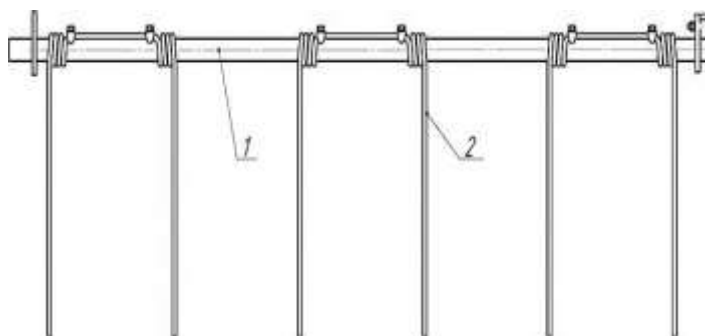


Рис. 2.3. Граблини-напрямники котка-подрібнювача КП-4,5 [10]

Наведений аналітичний огляд подрібнювачів [10, 12, 15, 19] дозволив встановити загальні шляхи вдосконалення існуючих конструкцій подрібнювачів

для раціонального використання. Довжина подрібнених рослинних решток залежить від відстані між ножами на барабані та їх орієнтації відносно напрямку руху жатки. Недоліками таких подрібнювачів є те, що циліндр, наповнений водою, не забезпечує достатнього зусилля для зрізання рослинних залишків. Наявність на полі рослинних решток, розміри яких перевищують агротехнічні вимоги, погіршує якість наступної операції, що в кінцевому підсумку призводить до зниження врожаю. В основу поставлена – задача підвищення ефективності подрібнення рослинних залишків шляхом зміни довжини та способу розміщення ножів на поверхні барабана подрібнювача [10, 12, 15, 19]. Завдання вирішується розміщенням ножів на поверхні барабана таким чином, щоб використати максимально вагу агрегату зменшити контактуючу частину ножа, для постійного контакт з поверхнею поля зміщуємо розділений ніж на деякий кут. На рис. 2.4 зображено вдосконалений робочий орган циліндричного подрібнювача рослинних решток.

Переваги запропонованої конструкції подрібнювача рослинних залишків:

- якісне подрібнення рослинних решток відповідно до агротехнічних вимог для покращення якості посіву і, як наслідок, підвищення врожайності;
- зменшення маси агрегату;
- зниження витрат енергоресурсів.

2.2. Енергоємності процесу перерізання котка-подрібнювача рослинних решток

Основним критерієм процесу подрібнення рослин та їх стебел прийнято питому енергоємність [1, 15, 18, 19]. Розглянемо процес роботи котка-подрібнювача. Під час руху агрегату циліндричні котки з розміщеними на їх поверхні плоскими ножами спочатку притискають стебла до ґрунту, а потім перерізають під дією власної ваги. Процес різання починається при значенні кута нахилу

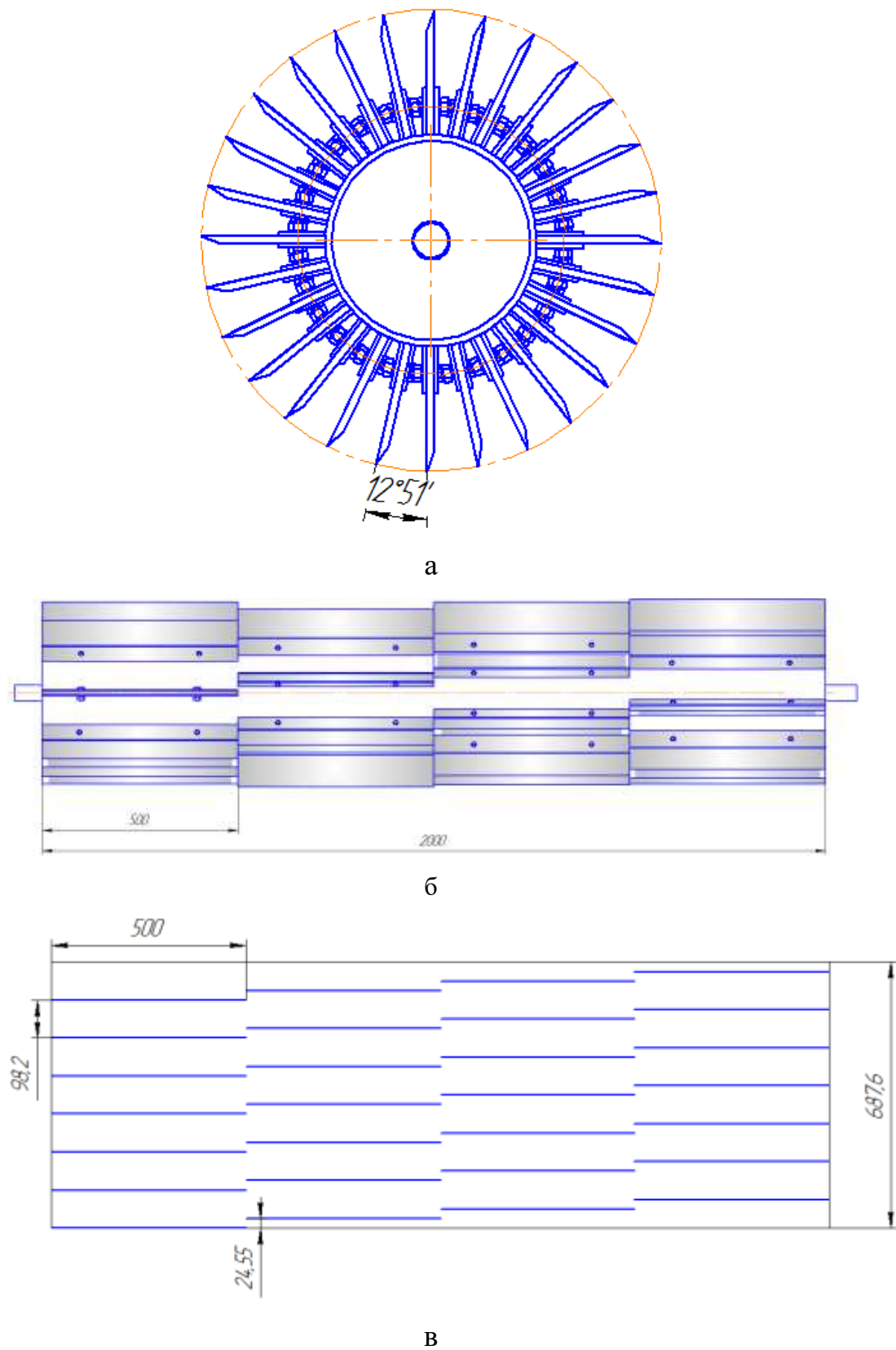


Рис. 2.4. Модернізований коток-подрібнювач:
а – вид збоку; б – головний вигляд; в – розташування ножів на верхній частині котка.

ножа γ в межах $0^0 \dots 45^0$, а при збільшенні кута – рослинні рештки не перерізаються, причому енергія витрачається лише на тертя ножа 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 котка (рис. 2.5) переміщується у матеріалі (деякій кількості стеблин) паралельно ребру AE під змінним кутом γ . Тоді силу для переміщення ножа можна представити у вигляді суми проекцій на напрям руху ножа від сил: діючих на фаску $ABCD$ (сила P_1), на різальну кромку AD (сила P_2) та на плоску грань $AEKD$ (сила P_3) [15, 19]:

$$P_1 = N_1 \cdot \cos \gamma + (F_{\text{тр}} - F_1) \cdot \sin \gamma, \quad (2.1)$$

$$P_2 = \frac{(F_{\text{мп}} - F_2) \cdot \sin \gamma + N_2 \cdot \cos \gamma}{\sin \beta} \quad (2.2)$$

$$P_3 = N_3 \cdot f_3, \quad (2.3)$$

де N_1, N_2, N_3 – сили нормального тиску відповідно: на фаску, різальну кромку та плоску грань ножа, Н; f_1, f_2, f_3 – коефіцієнти тертя стебла (рослинної рештки) відповідно: по фасці, різальній кромці та плоскій грані ножа; β – кут загострення ножа, град; $F_{\text{мп}}$ – зусилля, що передається від трактора, Н.

Під час виконання процесу подрібнення стебел енергія витрачається на попереднє стискання матеріалу (A_{C1}, A_{C2}, A_{C3}), на подолання сил опору, тобто сам процес різання (A_{P1}, A_{P2}, A_{P3}) та на подолання опору повітря. Так як у процесі різання приймають участь фаска, різальна кромка та плоска грань ножа, тоді загальну роботу ножа можна представити у вигляді суми [12]:

$$A = z \cdot (A_{P1} + A_{C1} + A_{C2} + A_{P2} + A_{C3} + A_{P3}) + A_o \quad (2.4)$$

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.

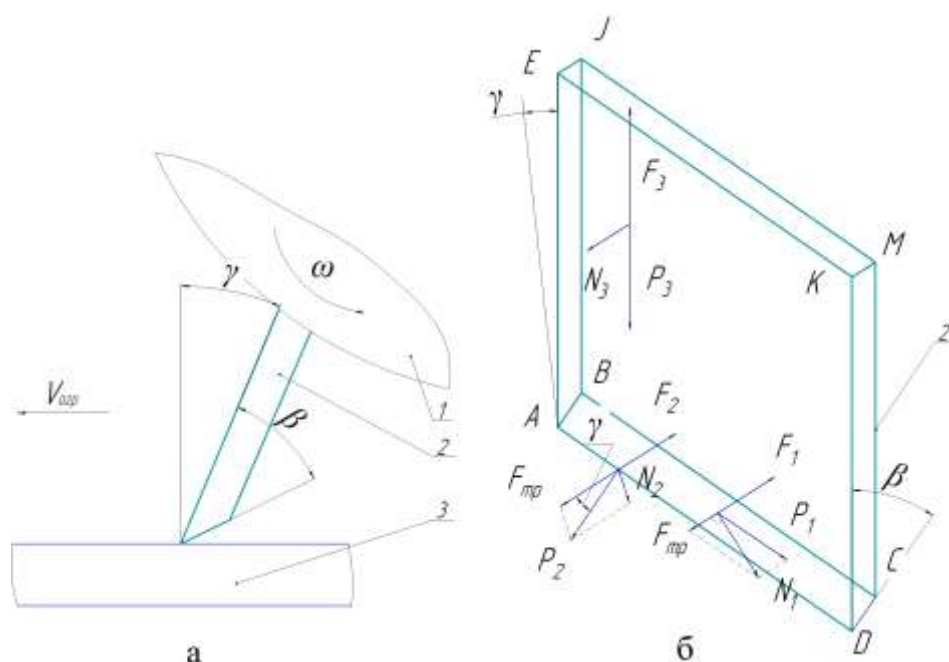


Рис. 2.5. Розрахункова схема:

а – схема руху котка-подрібнювача; б – схема сил, що діють на ніж
1 – коток; 2 – ніж; 3 – стебло рослини (рослинна рештка).

Робота ножа на попереднє стискання матеріалу, буде збільшуватись при підвищенні зусилля на різання [16, 19].

$$A_c = \int P_c(S_1) dS_1, \quad (2.5)$$

де $P_c(S_1)$ – зусилля ножа необхідне на попереднє стиснення матеріалу в залежності від переміщення ножа, Н; dS_1 – переміщення ножа, м.

Зусилля необхідне на попереднє стиснення матеріалу в залежності від переміщення ножа визначимо за допомогою формули В.П. Горячкіна [15, 16, 20]

$$P_c = K \cdot S_1, \quad (2.6)$$

де K – інтенсивність навантаження, при якому відбувається різання (питомий опір різанню), Н/м [15]; S_1 – переміщення ножа, м.

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

Тоді роботу можна виразити [16, 20]:

$$A_c = \frac{P_c^2}{2 \cdot K_1} \quad (2.7)$$

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

$$E = \frac{A}{S_m}, \quad (2.8)$$

де S_m – площа матеріалу, яка піддається різанню, m^2 .

Площею S_m будемо вважати суму площин поперечних перетинів стебел рослин або їх решток, яка знаходиться у площині різання. Під час обертання котка з ножами розташування на поверхні поля стебел та решток рослин є хаотичним. Кількість стебел та решток, які одночасно піддаються різанню, знаходиться в межах від 1 до m штук.

$$S_m = \sum_{i=1}^m S_{m_i}. \quad (2.9)$$

Проведемо моделювання зміни складових рівняння (2.4) в залежності від кута нахилу ножа γ . Питому енергію необхідну для стиснення матеріалу визначимо за допомогою формули (2.6).

$$E_c = \frac{P^2}{2 \cdot K \cdot S_m}, \quad (2.10) \quad E = \frac{P}{d_c \cdot \cos \gamma}, \quad (2.11)$$

де – діаметр стеблини, м.

Аналізуючи графічні залежності (рис. 2.6), отримані в результаті проведених числових досліджень впливу кута γ на зусилля та роботу з використанням пакету прикладних програм, встановлено, що сила P_1 , яка діє зі сторони фаски ножа при збільшенні кута γ зменшується завдяки збільшенню дії кута загострення ножа β , тобто поступово зменшується до значення сили тертя. Сила P_2 при кутах нахилу до $30^\circ \left(\frac{\pi}{6}\right)$ збільшується на 12%, а потім зменшується

до значення сили тертя. Вплив кута γ на значення сили P_3 – відсутній. На процес різання суттєво впливає характер зміни сумарного зусилля, особливо від співвідношення P_1 та P_2 . Якщо зусилля P_1 переважає над P_2 , то загальне зусилля в значній мірі залежатиме від P_1 і навпаки якщо $P_2 > P_1$ [15, 18, 19].

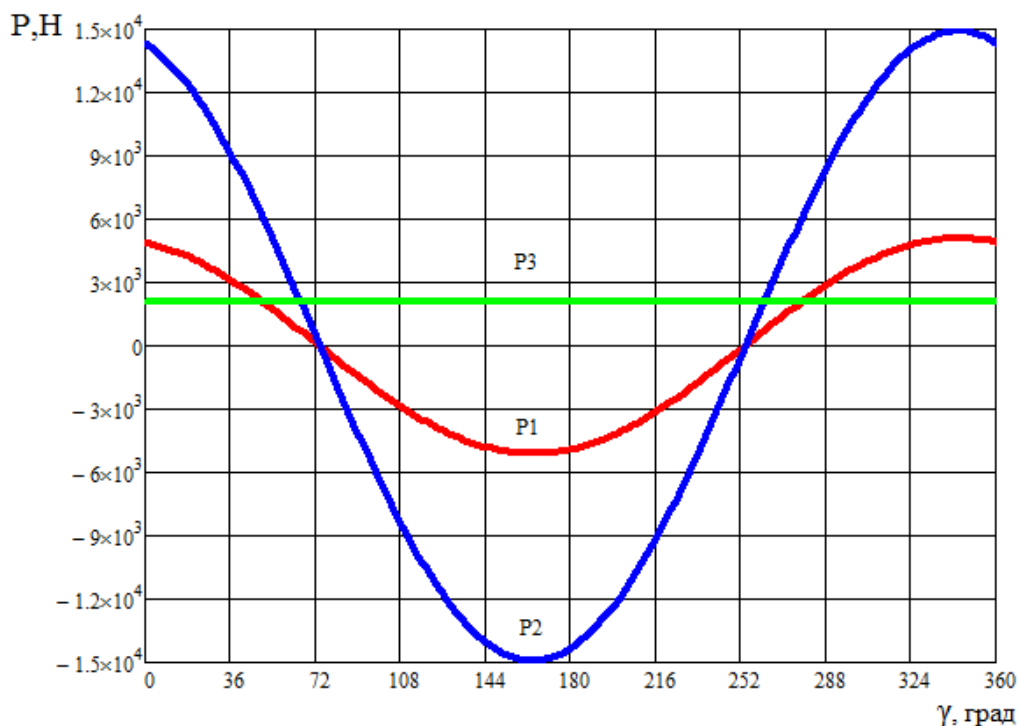


Рис. 2.6. Залежність складових сил різання (P_1 , P_2 , P_3) від значення кута γ

Експериментально неможливо отримати значення сил P_1 , P_2 , P_3 окремо. Тому завжди виникає розкид значень результатів дослідів при кутах нахилу γ 10° - 70° де залежність між P_1 та P_2 є найбільшою. Питома енергоємність (E_c) попереднього стиснення змінюється наступним чином: від зусилля P_1 P_2 монотонно зменшується зі збільшенням кута γ ; зусилля P_3 зберігає однакове значення протягом повного оберту барабана з ножами (рис. 2.7) [15, 18, 19].

Характер впливу зусилля різання залежить від співвідношення сил, що діють на фаску та різальну кромку ножа. Встановлено що питома енергоємність може знижуватися при кутах нахилу ножа 25° – 40° в результаті зменшення витрат енергії на попереднє стиснення матеріалу. Основним фактором, що впливає на підвищення питомої енергоємності різання ножами з кутом нахилу більше 40° , є зростання питомих енергетичних витрат на тертя ножа по матеріалу [12].

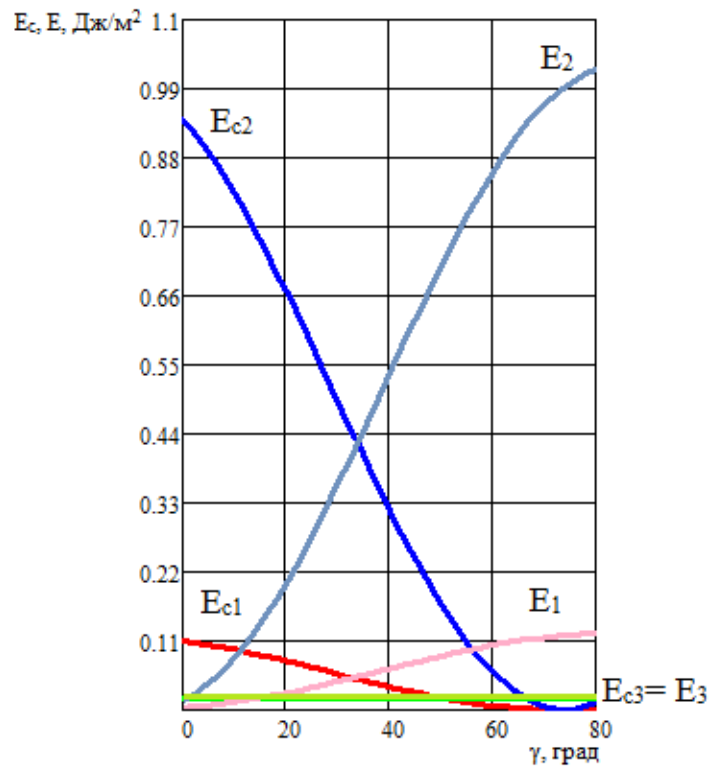


Рис. 2.7. Залежність питомої енергоємності (E_c) та (E) від кута γ

Висновки до розділу

Розроблена конструкція котка-подрібнювача.

Підтверджений проміжок швидкостей від 18 до 23 км/год, що дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці на національному, регіональному й виробничому рівнях. Зрозуміло, що в основі законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці лежить Конституція України. Під час розробки законодавства про охорону праці широко використовуються Конвенції і Рекомендації МОП, директиви ЄС, досвід нормотворення розвинених країнах Європейського Союзу та інших країн світу [21].

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

Під експлуатації вдосконаленого подрібнювача рослинних решток можлива дія наступних небезпечних і шкідливих факторів: відкриті обертові і рухомі частини (котки з ножами); відсутність захисних каркасів котків, які не можливо огородити із-за виконання технологічного процесу; несправність системи запуску двигуна з кабіни трактора; несправність або відсутність блокуючого пристрою запуску пускового двигуна при включеній передачі; несправність гальмівної системи; несправність муфти зчеплення та рульового керування; несправність або відсутність освітлювальних і контрольно-вимірювальних приладів; відсутність пристрою для очищення ножів котка, які піддаються забиванню ґрунтом та рослинними рештками; відсутність на тракторах автоматичних тягово-зчіпних пристроїв для агрегування подрібнювача рослинних решток; підтікання палива, мастил, охолоджувальної та інших технологічних рідин; відсутність або несправність засобів доступу на робоче місце і до місць обслуговування (підніжки, драбини, площадки, огороження); відсутність пристроїв для запобігання попадання рослинних решток на поверхні теплообмінних елементів двигуна трактора, системи

охолодження й елементів випускної системи відпрацьованих газів; відсутність іскрогасників; механізми, які рухаються і обертаються (рух самого агрегату, рух котків); високий рівень шуму, вібрації внаслідок роботи двигуна трактора та нерівностей поверхні поля; високий рівень запилення та загазованості робочої зони механізатора (пил піднімається з поверхні поля); наявність гострих країв елементів конструкції подрібнювача рослинних решток; перевертання агрегату при роботі на схилах, нахил яких перевищує встановлені нормативи; виконання робіт з паливно-мастильними матеріалами під час ремонту і технічного обслуговування; невідповідність параметрів мікроклімату вимогам санітарних норм при виконанні робіт у польових умовах; пожежонебезпека агрегату; електронебезпека під час виконання робіт під лініями електропередач; хімічні небезпечні і шкідливі речовини (паливно-мастильні матеріали, фарби, лаки, які використовуються під час ТО і ремонту) [22, 23].

У процесі виробничої діяльності та негативної дії навколишнього й виробничого середовища створюються виробничі умови, що можуть спричинити дію небезпечних і шкідливих факторів. Найбільш поширені з них: відсутність попереджувальних знаків і написів про існуючі небезпеки на агрегаті; відсутність інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки, технічних описів та інструкцій з експлуатації трактора та подрібнювача рослинних решток; несправність механізмів керування та гальмових систем енергетичного засобу; відсутність захисних пристроїв на рухомих частинах; несправність тягово-зчіпного пристрою; несправність інструменту, тощо; 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 [24].

Небезпека, пов'язана із системою керування: неправильне розміщення органів керування; неправильний режим роботи органів керування.

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

Елементи конструкції подрібнювача рослинних решток не перешкоджають і не обмежують огляд з робочого місця об'єктів постійного спостереження. Для доступу механізатора на робоче місце і виходу з нього передбачені спеціальні підніжки. У важкодоступних місцях застосовано одноразове змащення підшипників на весь міжремонтний період. Місця розташування точок змащення позначені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору машини. Подрібнювач рослинних решток комплектується інструментом, що відсутній у комплекті тракторів. Для ручного очищення робочих органів передбачені спеціальні чистики. Розташування робочих органів забезпечує безпеку очищення і доступ до них. Допустимі значення рівня шуму на робочому місці оператора не перевищує вимог ДСП 3.3.2.041-99. Кольорове оформлення подрібнювача рослинних решток виконане у відповідності з наступними вимогами: загальний фон кольору подрібнювача відрізняється від основного фону, на якому він експлуатується (фону поля); зовнішні поверхні, які у процесі експлуатації постійно знаходяться у полі зору оператора, покриті фарбою з матовою фактурою [24].

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 агрегатуванні 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» [24].

3.3 Моделювання небезпечних ситуацій під час роботи подрібнювача рослинних решток

Отже, проаналізувавши та виявивши небезпечні зони (додаток рис. 5) можна змодельовати виникнення небезпечних умов, а в подальшому і ситуацій при недотриманні хоча б однієї з вище перерахованих вимог. Наприклад розглянемо по одній небезпечній умові, що може виникнути в кожній небезпечній зоні [23] (додаток рис. 6).

Небезпечна умова один НУ1 – надлишковий тиск у гідросистемі. НУ2 – машина знаходиться у відчепленому стані. НУ3 – подрібнювач пофарбований в не контрастні кольори. НУ4 – не проведене ТО. НУ5 – рухомі частини котка не захищені. НУ6 – механізатор не пройшов інструктаж. НУ7 – нехтування вимогами санітарії [23].

Наведені вище небезпечні умови при поєднанні з небезпечними діями працівника можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, а в подальшому і до аварій, травм чи захворювання. Так, НД1 – механізатор знаходиться поблизу гідросистеми. НД2 – під'єднання котка-подрібнювача до трактора. НД3 – тракторист не розрахував габарити. НД4 – проведення ТО МТА. НД5 – робота без засобів індивідуального захисту. НС1 – порив магістралей гідросистеми. НС2 – падіння агрегатів. НС3 – наїзд на оточуючих. НС4 – травмування при проведенні ТО. НС5 – є можуть шкідливих збудників потрапити організм тракториста [23].

Для попередження виникнення аварій, травм, отруєнь чи захворювання необхідно дотримуватись всіх вимог безпеки в усіх небезпечних зонах, так як

порушення хоч однієї з них в кінцевому результаті може призвести до небажаних наслідків [23].

Висновки по розділу

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 30^0 . Подрібнювач рослинних решток у відчепленому стані зберігає стійкість при застосуванні до нього зусиль більше 200 Н. Для транспортування дорогами загального призначення в темний час доби подрібнювач обладнаний світловідбивачами: задні червоного кольору, передні – білого, позаду з лівої сторони нанесений знак обмеження максимальної швидкості, кольорове зображення знака – згідно з ДСТУ 2189-93. Для стропування машини під час завантажування на автотранспорт для перевезення до споживача, ремонтування 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.

РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЯГНУТИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для обґрунтування та перевірки ефективності модернізованого агрегату при вирощування озимої пшениці порівнюємо роботу АПП-2.8 та КП-4,5. Аналіз конструкцій подрібнювача виявив недоліки основного приводу робочих органів. Її вирішено замінити на дробарку з неприводними робочими органами з оригінальним розташуванням ножів.

Таблиця 4.1
Техніко-економічні показники використання проектної технології

Показник	Одиниця виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+, -	%
Площа	га	240	240	-	-
Ціна подрібнювача	грн.	120420	89560	-	-
Робоча ширина захвату подрібнювача	м	2,8	4,5	-	-
Робоча швидкість агрегату	км/год	15	24	-	-
Склад агрегату		МТЗ-1221+АПП-2.8	МТЗ-1221+КП-4,5	-	-
Змінна норма виробітку	га/зм	20,58	30,87	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	501.75	373.17	-128.58	-25.6
Продуктивність праці	га/зм	20,58	30,87	+10,29	+50.0
Витрати палива	кг/га	8,9	6,4	-2,5	-28,1
Собівартість подрібнення рослинних решток	грн.	82323,13	54031,01	-28292.12	-34.4
Собівартість подрібнення рослинних решток	грн./га	343,01	225,13	-117.88	-34.4
Річна економія	грн.		28292.12	-	-

Висновки до розділу

Запропонована зміна технології є ефективною, досягнуто річної економії 28292,12грн., продуктивність праці за зміну зросла на 50%, витрати палива зменшилися на 28,1%, витрати на подрібнення зменшилися на 34,4%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоновано шляхи вдосконалення агрегату, а саме: встановлення ряду ґрунтообробних робочих органів.

2. На підставі проведених досліджень розроблена конструкція котка-подрібнювача є цілком працездатною і придатною до широкого використання. Підтверджений діапазон робочих швидкостей від 18 до 23 км/год дозволить раціонально використовувати коток-подрібнювач з умови економії палива та підвищення продуктивності.

3. Користуючись наведеними формулами і графіками, можна визначити оптимальні конструктивні параметри запропонованого котка-подрібнювача рослин. 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.

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

5. Запропонована технологія є ефективною, досягнуто річної економії в сумі 28292,12 грн., продуктивність праці за зміну зросла на 50%, витрати палива зменшилися на 28,1%, витрати на подрібнення рослинних залишків зменшилися на 34,4%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шувар І.А., Сендецький В.М., Тимофійчук О.Б. Солома допоможе родючості ґрунту. Агробізнес сьогодні. 2016. № 10. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/592-soloma-dopomozhe-rodichosti-hruntu.html>
2. Томчук, В. В. (2020). Управління поживними рештками і мульчею. *The scientific heritage.-Hungary: Budapest, 2020.-№ 46.-Р. 35-45.* URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24742.pdf>
3. Сисолін П.В. Свірень М.О., Лісовий Пряма І.О. сівба. Задачі і напрямки розвитку сошників для прямої сівби. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград. КНТУ, 2007. Вип. 37. С. 94–98.
4. Sheichenko, V., Volskyi, V., Kotsiubanskyi, R., Skoriak, Y., & Priliepo, N. (2022). Analysis of the operation of the blades of the skating rink – chopper in the conditions of its rolling on the ground. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 296–306. doi:10.31210/visnyk2022.02.35
5. Sheichenko, V., Volskyi, V., Kotsiubanskyi, R., Dnes, V., Shevchuk, M., Bilovod, O., Drozhchana, O. Design of a roll crusher for sunflower stems and substantiation of the rational modes of its operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021 6 (1 (114)), 28–37. URL: <https://lib.udau.edu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/f3fafb89-df69-4223-96e0-807faa80fd02/content>
6. Wu, S., Gao, J. (2011). Study on the technics principle for stalk and stubble chopper based on no-tillage planter. *Advanced Materials Research*, 230-232, 1039-1044. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e550c6d59fbd98b2ac78c4734e5c09e7d9e269dd>
- 7.

8. Богатирьов Д.В., Лещенко С.М., Мачок Ю.В. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху котка-подрібнювача на якість подрібнення рослинних решток кукурудзи. *Сільськогосподарські машини*. – Луцьк, 2015. – вип.31.– С. 10-17.
9. Голота, Б. М., Кірчук, Р. В., Тарасюк, В. В. Моделювання роботи котка для подрібнення рослинних решток та обґрунтування його параметрів. *Сільськогосподарські машини*, 2019 (43), 40-49.
10. Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Х. Мачулін, 2016. –244 с. URL: <https://core.ac.uk/reader/84825870>
11. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Ішенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с URL: <https://studfile.net/preview/1863006/page:5/>
12. Богатирьов Д.В., Сало В.М., Носуленко В.І., Мартиненко Д.В. Обґрунтування перспективних напрямів конструкцій подрібнювачів рослинних решток. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 42. С. 39-44. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1882/1/9.pdf>
13. Демидов С., Стародубцева М., Савицька О. Аналіз випробувань котків виробництва ПрАТ «Бердянські жниварки». № 3 (120) вересень 2021 р. С. 9-12
http://www.ndipvt.com.ua/TiTAPK/2021/TTAPK%2021_03_tapk_2021_03_online.pdf#page=9
14. Коток-подрібнювач рослинних решток. <https://uapatents.com/5-83199-kotok-podribnyuvach-roslinnikh-reshtok.html>
15. Богатирьов Д.В., Сало В.М. Технічне забезпечення сучасних процесів подрібнення рослинних решток. 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.
16. Ashford D.L., Reeves D.W. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crop. *American Journal of Alternative Agriculture* – 2003. – 18(1) – P.37-45.
17. Korniecki T.S., Price A.J. Perfomance of Different Roller Designs in terminating rye cover crop and reducing vibration. *Aplied Eng. Agric – Alabama, USA* – 22(5) – P.633-641. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=21994>
18. Сало В.М., Богатирьов Д.В., Лещенко С.М., Савицький М.І. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві. *Техніка і технології АПК – Дослідницьке: УКРНДПВТ ім. Л. Погорілого*, 2014 – № 10 (61) – С. 16-19.
19. Богатирьов, Д. В. Аналіз господарських випробовувань котка-подрібнювача рослинних решток сояшника / Д. В. Богатирьов, В. М. Сало // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. - Кіровоград: КНТУ, 2013. - Вип. 43, ч. 1. - С. 12-17. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2670/1/4.pdf>
20. Центилю, Л. Зміна водного режиму чорнозему типового залежно від систем обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки* 97.11 (2019): 22-27. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-03>
21. Курепін В.М., Марченко Д.Д., Курепін Д.В. Охорона праці в галузі: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2023. 586 с.
22. Пономаренко Н. О., Волик Б. А., Дімітров І. І., Волинець, Є. О. Аналіз механізму збудження коливань робочих органів дискатора з обертанням навколо осі кріплення. *Вібрації в техніці та технологіях* 2023. № 1 (108) С. 29-35 DOI: 10.37128/2306-8744-2023-1-3
23. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу при проведенні механізованих

ДОДАТКИ

