

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О.СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ПОДРІ-
БНЮВАЧА ПІСЛЯЖНИВНИХ РЕШТОК”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Мазур Петро Петрович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Семен Я.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Паславський Р.І.
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

УДК 631.3. – 635.171

Мазур Петро Петрович. Обґрунтування параметрів комбінованого подрібнювача післяжнивних решток. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУП, 2025.

55 с. текст. част., 17 рис., 2 табл., 24 джерела

Проаналізовано способи та засоби для подрібнення післяжнивних решток, зокрема комбінованих агрегатів. Обґрунтовано необхідність досліджень плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток на різних глибинах та за різних кутів заточування леза дискового ножа.

Проведено теоретичні дослідження взаємодії плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток ґрунтом. Отримано аналітичні залежності для розрахунку його основних конструктивно-технологічних параметрів.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення опору плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, проведені в ґрунтовому каналі з використанням лабораторної установки.

Розроблена карта умов праці для післяжнивного заробляння рослинних решток та логіко-імітаційну модель процесу виникнення травм під час вказаного технологічного процесу.

Виконана економічна оцінка використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток. Як показали розрахунки річний економічний ефект становить 5958,57грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 22667,81грн.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Аналіз способів післяжнивного обробітку ґрунту.....	8
1.2 Огляд конструкцій машин для обробітку ґрунту після стерньового попередника.....	9
Висновки.....	19
2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ПОДРІБНЮВАЧА	20
2.1 Обґрунтування робочого процесу подрібнення післяжнивних решток.....	20
2.2 Дослідження взаємодії плоского диска із ґрунтом.....	20
2.3 Обґрунтування параметрів плоского диска.....	29
Висновки.....	30
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	32
3.2 Передумови проведення дослідів.....	32
3.3 Методика визначення опору робочого плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток.....	33
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
4.1 Опір плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток.....	36
Висновки.....	38
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	39
5.1 Складання карти під час використання комбінованого подрібнювача.....	39
5.2. Оцінка рівня виникнення небезпеки аварій і травм.....	42
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПОДРІБНЮВАЧА	47

Висновки.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	54

ВСТУП

Серед відомих механізованих технологій післяжнивного обробітку ґрунту, особливо після збирання ріпаку озимого, багаторічних трав, зернових, окремих грубостеблових культур (кукурудзи, соняшнику) та капусти, коренева система якої доволі розвинена, а сам стрижень містить багато хвороб найефективнішим є поверхневий обробіток, який передбачає руйнування зв'язку кореневищ рослин з ґрунтом та їх подрібнення разом з післяжнивними рештками на поверхні поля з частковим їх зароблянням у верхні шари.

Для виконання вказаної технологічної операції застосовують переважно важкі дискові борони або луцильники. Через порівняно невелику глибину заробляння післяжнивних решток робочими органами вказаних знарядь у верхньому шарі ґрунту можуть спостерігатися негативні прояви впливу на довкілля через зниження родючості, появу ерозійних процесів й деградацію ґрунтів [3, 4, 17].

Досить поширеним методом післяжнивного обробітку полів, засмічених рештками грубостеблових культур є використання машин з активними ножеподібними роторами з вертикальною віссю обертання. Характерною особливістю їх роботи є високий ступінь подрібнення та заробляння решток у верхньому шарі ґрунту на глибину до 6см. Проте, такий метод потребує подальшого обробітку ґрунту важкими дисковими боронами або оранку на глибину до 25см. Якщо цього не дотримуватись, то раз на три-п'ять років необхідно проводити глибокий (до 0,4м) чизельний обробіток плугами, чизельними культиваторами або культиваторами-плоскорізами [1, 3-6].

Актуальність теми. Останніми роками для післяжнивного обробітку ґрунту широко застосовують машини з активними робочими органами (фрези) та комбіновані ґрунтообробні агрегати. Маючи набір різноманітних за інтенсивністю і глибиною обробітку робочих органів вони здатні якісно виконувати технологічний процес в різних ґрунтово-кліматичних умовах і з наявністю великої кількості післяжнивних решток на поверхні поля та кореневищ культурних рослин

Робочий процес подрібнення післяжнивних решток сільськогосподарських культур за допомогою комбінованого подрібнювача передбачає попереднє пере-

різання хаотично розміщених на поверхні поля стебел післяжнивних решток плоскими дисковими ножами; наступне розпушення ґрунту в міжрядді розподільниками й переміщення усіх рослинних решток до зон подрібнення, які співпадають з осями попередньо скошених рядків вирощуваних рослин; ущільнення утворених валків парою котків; остаточне подрібнення активними робочими органами фрезерних секцій рослинних решток та кореневищ і остаточне вирівнювання поверхні поля.

Комбіновані агрегати обладнують різноманітними робочими органами, а тому їх параметри слід обґрунтовувати, спираючись на ґрунтово-кліматичні умови та стан рослинності (решток), які є на полі. Оскільки першим робочим органом комбінованого агрегату є плоский диск, то саме від обґрунтування його параметрів залежить ефективна робота інших робочих органів машини.

Мета дослідження – підвищення ефективності подрібнення післяжнивних решток через дослідження та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача.

Задачі досліджень:

1. Проаналізувати способи та засоби для подрібнення післяжнивних решток;
2. Аналітично дослідити взаємодію плоского дискового ножа з ґрунтом;
3. Виконати експериментальні дослідження системи “плоский диск–ґрунтово-рослинне середовище”;
4. Розробити карту умов праці під час подрібнення післяжнивних решток;
5. Виконати економічну оцінку використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток.

Об’єкт дослідження – плоский дисковий ніж комбінованого подрібнювача післяжнивних решток та технологічний процес взаємодії диска з ґрунтом.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників ефективності подрібнення післяжнивних решток від параметрів плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 1 статтю у матеріалах і тезах наукових конференцій.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.2 Аналіз способів післяжнивного обробітку ґрунту

Серед відомих механізованих технологій післяжнивного обробітку ґрунту, особливо після збирання грубостеблових культур (кукурудзи, соняшнику) та капусти, коренева система якої доволі розвинена, а сам стрижень містить багато хвороб найефективнішим є поверхневий обробіток, який передбачає подрібнення післяжнивних решток з частковим їх зароблянням у верхні шари. Для виконання вказаної технологічної операції застосовують переважно важкі дискові борони або луцильники. Через порівняно невелику глибину заробляння післяжнивних решток робочими органами вказаних знарядь у верхньому шарі ґрунту можуть спостерігатися негативні прояви впливу на довкілля через зниження родючості, появу ерозійних процесів й деградацію ґрунтів.

Післяжнивний обробіток полів із залишками грубостеблових культур дисковими робочими органами слід проводити в два сліди, здійснюючи повторне дискування чи луцення поперек попереднього сліду. При цьому значно зростають енергетичні та матеріально-грошові затрати, а ходові системи енергетичних засобів спричиняють надмірну дію на ґрунт, ущільнюючи його [1, 3, 6, 17].

Сучасні технології нульового чи мінімального обробітків ґрунту передбачають часткове подрібнення не зернової частини врожаю безпосередньо робочими органами збиральних машин (комбайнів) з одночасним розподілом їх на поверхні поля. Це частково облегує наступне їх заробляння під час обробітку ґрунту важкими дисковими боронами, луцильниками чи дисковими плугами. На таких полях можна проводити культивуацію з одночасним боронуванням для створення належної структури ґрунту й знищення бур'янів або одразу сіяти озимі культури спеціальними сівалками [1, 7, 9].

Технологія обробітку ґрунту під сівбу озимих зернових після збирання кукурудзи на силос передбачає першочергове луцення поля дисковими знаряддями (переважно луцильниками) на глибину 5...6см і оранку на глибину 20...22см з одночасним коткуванням ґрунту, орієнтовно за 20 днів до сівби. За два-три дні

до сівби ґрунт обробляють дисковими або лемішними луцильниками з одночасним ущільненням його поверхні кільчасто-шпоровими котками та проводять передпосівну культивуацію з одночасним боронуванням зубовими боронами [4, 6].

Останніми роками післяжнивний обробіток полів, засмічених рештками грубостеблових культур проводять за допомогою машин з активними ножеподібними роторами, що мають вертикальні вісь обертання. Вони відрізняються високим ступенем подрібнення та заробляння решток у верхньому шарі на глибину до 6см. Подальший обробіток передбачає дискування або оранку на глибину до 25см. Якщо оранку не проводять, то раз на три-пять років необхідно проводити глибокий обробіток ґрунту чизельними плугами, чизельними культиваторами або культиваторами-плоскорізами [6, 7].

Останніми роками для післяжнивного обробітку ґрунту широко застосовують машини з активними робочими органами (фрези) та комбіновані ґрунтообробні агрегати [8, 11-13].

2.3 Огляд конструкцій машин для обробітку ґрунту після стерньового попередника

Комбінований ґрунтообробний агрегат призначений для орієнтації рослинних післяжнивних решток стеблових культур на полі та одночасного їх подрібнення активними робочими органами. Агрегат складається з рами 1 (рисунок 1.1), яка опирається на два колеса 3 з механізмом 4 регулювання глибини обробітку, а у передній частині якої змонтовано начіпний пристрій 2. Агрегат обладнаний пасивними робочими органами 5 у вигляді плоскорізальних лап та активним ротором 6 з горизонтальною віссю обертання, який має ножеподібні робочі органи. У задній частині рами 1 агрегату змонтовано котки 12 для остаточного вирівнювання поверхні поля одразу після проходу комбінованого ґрунтообробного агрегату, а у передній – дискові робочі органи 10 з прутками 11, шлейф-волокуша 8 та захисний кожух 7 [21].

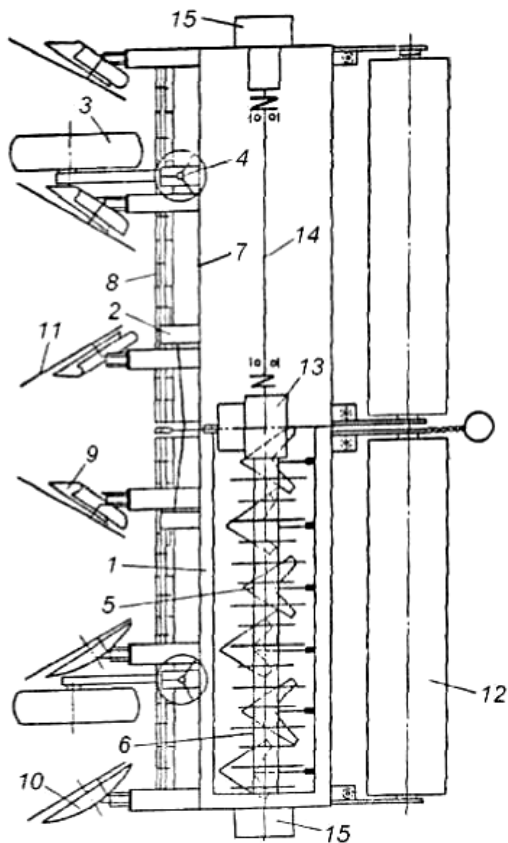


Рисунок 1.1—Схема ґрунтообробного агрегату:

1 - рама; 2 - начіпний пристрій. 3 - опорне колесо; 4 - механізм регулювання висоти; 5 - плоскорізальні робочі органи; 6 - ножовий ротор; 7 - захисний кожух; 8 - шлейф-волокуша; 9 - плужки; 10 - диски; 11 - прутки; 12 - котки; 13 - редуктор; 14 - вал; 15 - бокові редуктори.

Активні робочі органи (ротори) 6 приводяться в дію від ВВП трактора через карданну передачу, основний конічний редуктор 13, проміжні вали 14 з запобіжними муфтами та бокові редуктори 15.

Під час руху агрегату вздовж поля з рослинними післяжнивними рештками дискові робочі органи 10 і шлейф-волокуша 8 рівномірно розподіляють рештки на поверхні поля, частково притискаючи їх до землі. Активний ротор 6, обертаючись, ножовим робочим органом інтенсивно подрібнює рослинні післяжнивні рештки, які лежать на поверхні поля та кореневища рослин, перемішують їх з ґрунтом і заробляють у його верхньому шарі.

Пасивні плоскорізальні робочі органи 5 підрізають попередньо зрихлений ротором 6 шар та вирівнюють передпосівне ложе, частково ущільнюючи його. Така комбінована дія на рослинність і верхній шар ґрунту забезпечує якісне подрібнення післяжнивних решток, ефективне перемішування їх з ґрунтом та насичення верхнього шару повітрям. Зрихлений шар разом з подрібненими і заробленими в нього післяжнивними рештками остаточно ущільнюється й вирівнюється котками 12.

Подібний за функціональними можливостями, конструкцією та призначенням до вищеприведеного є також начіпний комбінований фрезерний агрегат, обладнаний пасивними та активними робочими органами.

Особливістю дії активних робочих органів вказаного агрегату на рослини є змішана різноглибинна дія робочих органів двосекційного фрезерного барабана, ножі на якому розміщені у два яруси. Сам фрезерний барабан – це пустотілий вал із закріпленими на ньому десятьма дисками, на яких у два яруси монтується Г-подібні ножі. Під час обертання барабанів ножі подрібнюють післяжнивні й рослинні рештки й перемішують їх з ґрунтом. Ножі першого ярусу мають глибину обробки 1-2см, а другого – 6-7см.

Пасивні плоскорізальні лапи, розміщені одразу за фрезерними робочими органами обробляють ґрунт в третьому ярусі на глибину до 14см. За ними рухається голчаста борона, остаточно розпушує ґрунт, вирівнює його поверхню, насичують її повітрям та одночасно частково ущільнює верхній оброблений шар.

Дисковий подрібнювач Diskomat призначений для розпушування ґрунту на глибину до 18см з одночасним зароблянням у ґрунт післяжнивних решток [17].

Подрібнювач складається з рами 1 (рисунок 1.2), на якій у два ряди розміщені сферичні вирізні диски 2, підпружинена гребінка 3 та ущільнювальні котки 4.

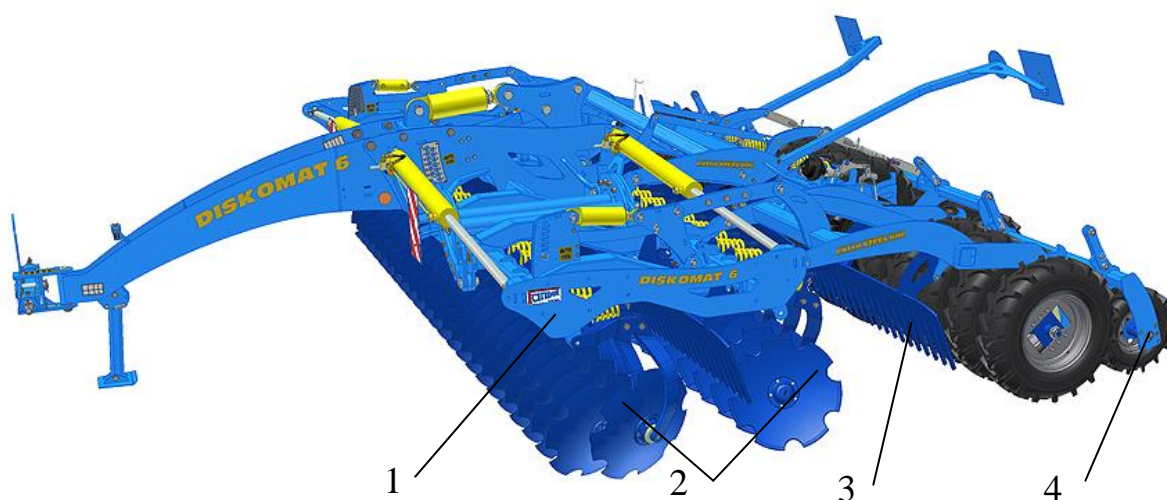


Рисунок 1.2 – Дисковий подрібнювач Diskomat:

1 – рама; 2 – сферичні вирізні диски; 3 – підпружинена гребінка; 4 – ущільнювальні котки.

Під час роботи сферичні вирізні диски 2 обробляють ґрунт у двох протилежних напрямках і ефективно подрібнюють і загортають післяжнивні рештки. Підпружинена гребінка 3, що рухається за ними вирівнює поверхню поля, а котки 4 ущільнюють її остаточно. Машина добре працює на полях з рослинністю після зернових культур, а під час заробляння грубостеблових культур можливі певні огріхи і неповне заробляння післяжнивних решток.

Дисковий лушитель Softex призначений для мілко́го лушення стерні після збирання ранніх і середніх зернових культур на глибину до 12см.

Лушитель має раму 1 (рисунок 1.3), у передній частині якої змонтовано у два ряди сферичні дискові робочі органи 2, а у задній частині – котки 3, у вигляді прогумованих коліс. Рама переводиться в робоче і транспортне положення за допомогою двох коліс 4.

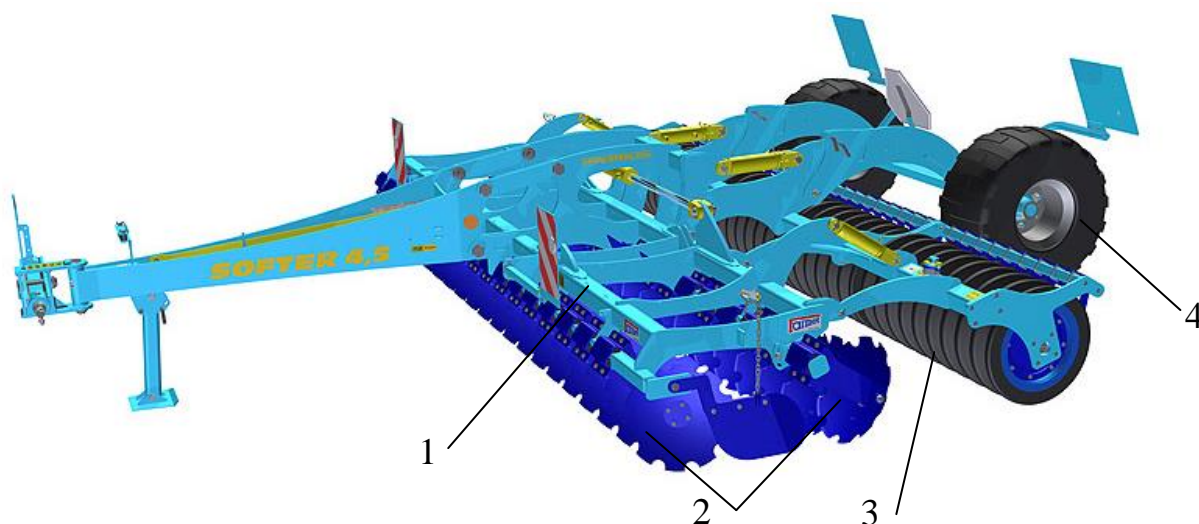


Рисунок 1.3 – Дисковий подрібнювач Softex:

1 – рама; 2 – сферичні вирізні диски; 3 – ущільнювальні котки; 4 – транспортні колеса.

Особливістю конструкції є регульований тиск дисків на ґрунт, за чого досягається максимальне подрібнення післяжнивних решток. На лушительнику встановлюються сферичні вирізні диски діаметром 510мм і мають пружну підвіску, що запобігає їх пошкодженню під час набігання на перешкоду. Глибина обробітку в межах 3,5-12см регулюється за допомогою обмежувальних шайб (кліпсів).

Крок дисків складає 24см, що забезпечує хорошу прохідність рослинних решток між ними без забивань. Крайні диски мають незалежне регулювання глибини обробітку, забезпечуючи плавний перехід між окремими проходами.

Недоліком машини є мала глибина обробітку та погане подрібнення післяжнивних решток грубостеблових культур.

Створений на базі фрезерного культиватора КФ-54 комбінований подрібнювач призначений для подрібнення післяжнивних решток і кореневищ грубостеблових культур з одночасним їх перемішуванням і зароблянням у ґрунт [8].

Комбінований подрібнювач має раму 1 (рисунок 1.4), на якій змонтовано дільники 3, робочі фрезерні секції 6 з щитками для вирівнювання поверхні поля, дискові ножі 2, та ущільнювальні котки 4. У задній частині рами 1 комбінованого подрібнювача встановлено опорні колеса 5.

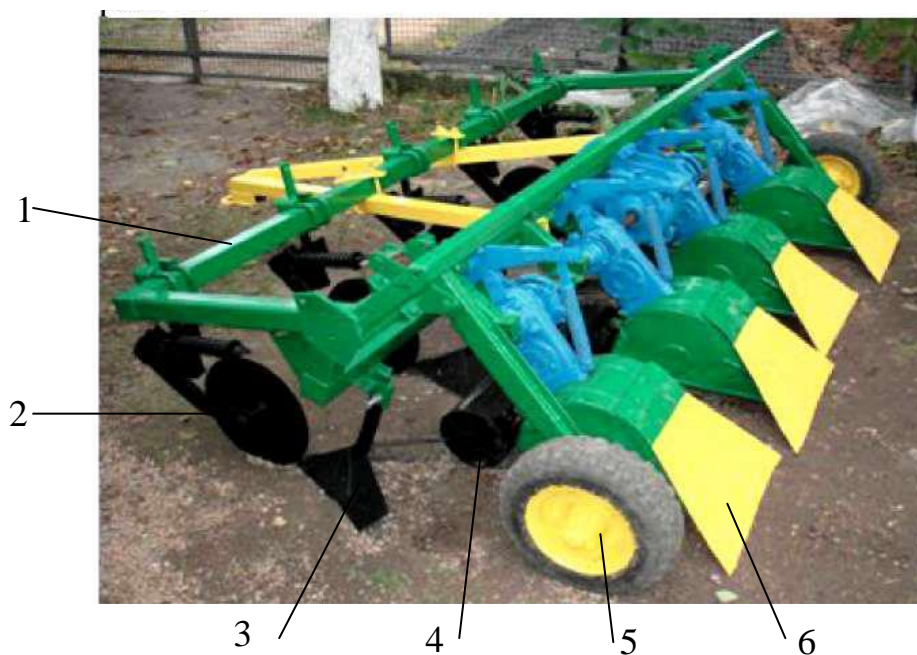


Рисунок 1.4 – Подрібнювач рослинних залишків грубостеблових культур:
1 – рама; 2 – дискові ножі; 3 – дільники; 4 – ущільнювальні котки; 5 – опорні колеса; 6 – робочі фрезерні секції з вирівнювальними щитками.

Під час переміщення комбінованого подрібнювача вздовж рядків попередньо зібраної грубостеблової культури його дільники 3 згрібають залишені на поверхні і хаотично розкидані рештки стебел з міжрядь у рядки, де вони подрібнюються ножами фрезерних секцій 6, одночасно перемішуючись із ґрунтом та

подрібненими кореневищами зібраних рослин. Дискові ножі 2, змонтовані в передній частині рами комбінованого подрібнювача перерізають стебла кукурудзи (соняшнику), подрібнюючи їх на менші частинки, а котки 4 ущільнюють зібрані ділянками 3 рослинні рештки у валках для підвищення ефективності роботи активних робочих органів фрези 6.

Подібним до нього є комбінований подрібнювач післяжнивних решток, який має раму 1, у передній частині якої змонтовано плоскі вирізні дискові ножі 5, позаду них – розпушувальні лапи з напрямними стінками) 6 та ущільнювальні котки 7. В задній частині рами містяться фрезерні секції 8 з щитками 9. Фрезерні секції приводяться в дію від ВВП 10 трактора 4 через карданну передачу 11, центральний редуктор 12 та ланцюгову передачу 13 [8].

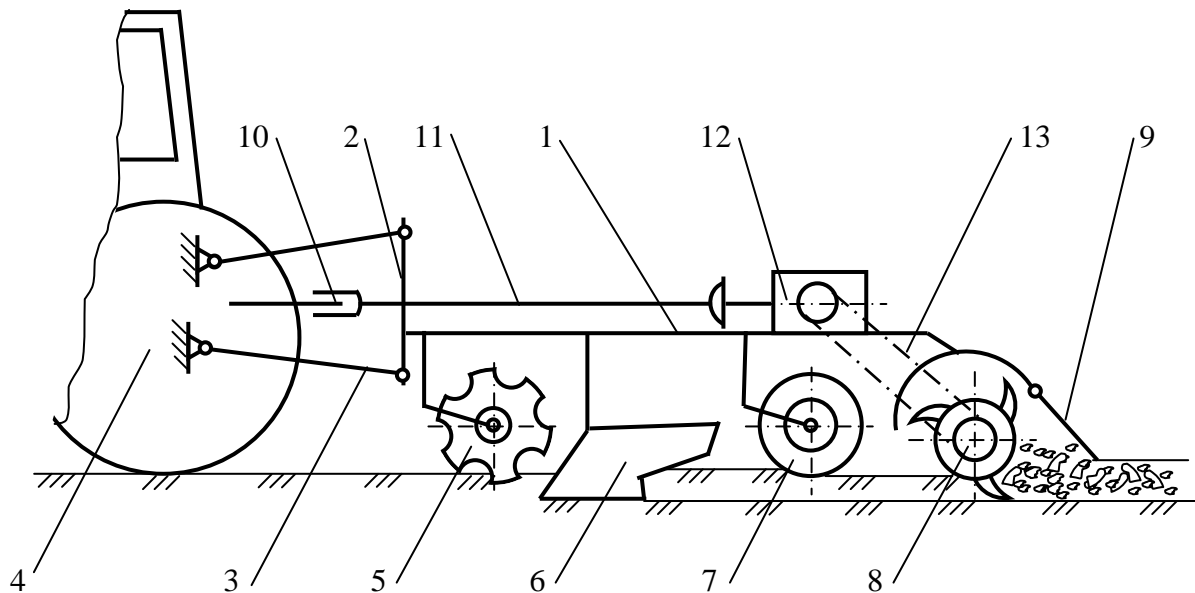


Рисунок 1.5—Схема комбінованого подрібнювача післяжнивних решток:

1 – рама; 2 – начіпка; 3 – гідравлічна система начіпки; 4 – енергетичний засіб; 5 – плоскі вирізні дискові ножі; 6 – розпушувальні лапи; 7 – прикочувальні котки; 8 – фрезерні секції; 9 – вирівнювальні щитки; 10 – вал відбору потужності; 11 – кардана передача; 12 – редуктор; 13 – ланцюгова передача.

Комбінований подрібнювач під час переміщення вздовж рядків поля після збирання грубостеблових сільськогосподарських культур плоскими вирізними дисковими ножами 5 перерізає хаотично розміщені на поверхні поля стебла та

переміщує їх на розподільники 6, які розпушують ґрунт і скеровують залишені після збирання та попередньо перерізані дисковими ножами післяжнивні рештки в зони подрібнення, де вони ущільнюються котками 7, а потім остаточно подрібнюються активними робочими органами фрезерних секцій 8, а поверхня ґрунту вирівнюється щитками 9.

Подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур відрізняється від вищенаведеного комбінованого подрібнювача тим, що в його задній частині встановлено балансірну підвіску 8 (рисунок 1.6) з парою ущільнювальних котків 7, між якими міститься пружина 9. Вони змонтовані позаду дискових ножів 5 та розподільників 6 у вигляді розпушувальних лап з напрямними стінками [12].

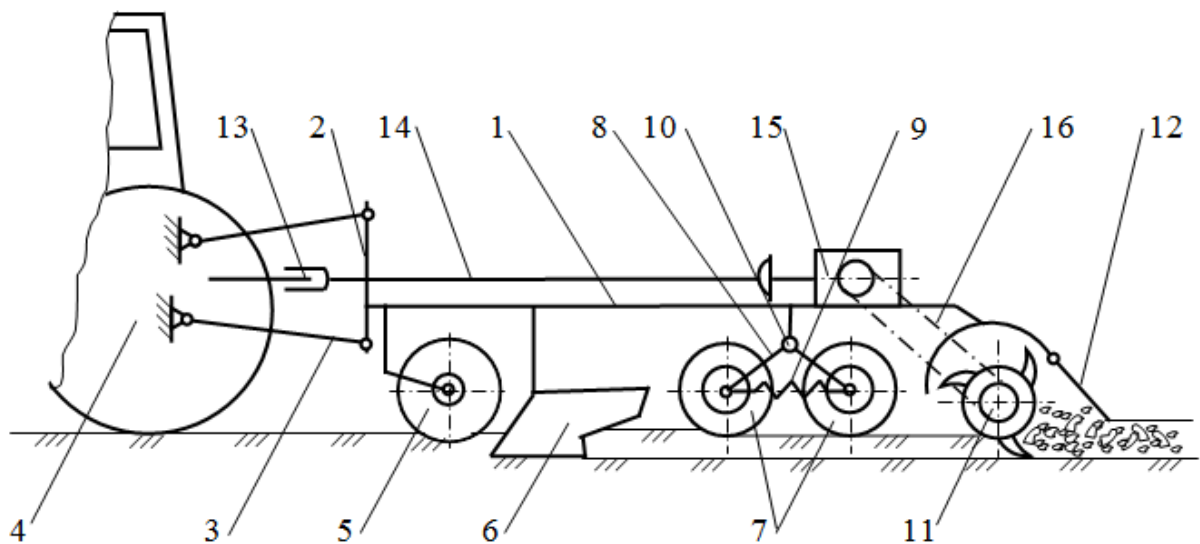


Рисунок 1.6 – Схема подрібнювача післяжнивних решток:

1 – рама; 2 – начіпка; 3 – гідравлічна система начіпки; 4 – енергетичний засіб; 5 – плоскі дискові ножі; 6 – розподільники; 7 – пара прикочувальних котків; 8 – балансірна підвіска; 9 – пружина; 10 – шарнір; 11 – фрезерні секції; 12 – вирівнювальні щитки; 13 – вал відбору потужності; 14 – карданна передача; 15 – редуктор; 16 – ланцюгова передача.

Його принцип роботи подібний до вищенаведеного. Але завдяки попередньому притисканню до ґрунту, втрамбуванню та ущільненню післяжнивних решток парою ущільнювальних котків 7, шарнірно закріплених на пружній балансірній підвісці 8 з пружиною 9, на остаточно подрібнення післяжнивних решток грубостеблових культур активними ножами фрезерних секцій 11 затрача-

ється менше енергії, а якість подрібнення й перемішування післяжнивних решток і кореневищ грубостеблових культур з ґрунтом.

Подрібнювач УМС-170 призначений для подрібнення післяжнивних решток (соломи) ранніх зернових з одночасним їх розподілом на поверхні поля. Подрібнювач має раму 1 (рисунок 1.7) з горизонтальним ротором 7, на якому шарнірно встановлені спеціальні ножі 6. Ротор обертається за допомогою карданного приводу 3, редуктора 2 та пасової передачі 4 [20].

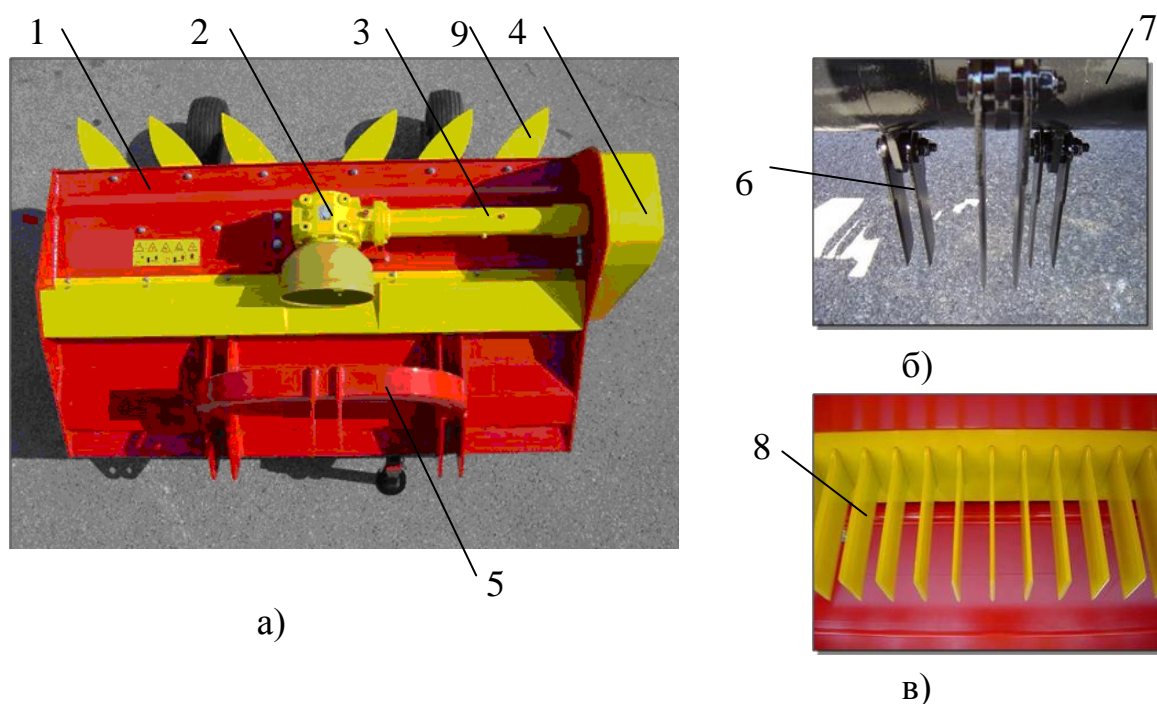


Рисунок 1.7 Подрібнювач УМС-170 (а), ножі (б) та проти ножі (в):

1 – рама; 2 – редуктор; 3 – карданний привод; 4 – пасова передача;
5 – начіпка; 6 – ножі; 7 – ротор; 8 – протиножі; 9 – напрямні.

Ротор 7 подрібнювача-мульчувача обладнаний спеціальними ножами 6 (див. рисунок 1.7, б), які обертаються у протилежному напрямку відносно напрямку руху агрегату. Ножі 6 захоплюють післяжнивні рештки (солому у валках) та подрібнюють їх на дрібні фракції. Під час руху, післяжнивні рештки проходять через ряд протиножів 8, між ротором 7 та кожухом подрібнювача. Це сприяє додатковому подрібненню технологічного матеріалу на дрібніші шматочки (фракції). Подрібнений технологічний матеріал, під впливом повітряного потоку, створюваного обертливим ротором 7, вилітає позаду подрібнювача через

напрявні 9 (див. рисунок 1.7, а), які встановлені під певним кутом до напрямку руху агрегату і забезпечують рівномірний розподіл подрібненої маси на поверхню ґрунту.

Запропонована конструкція подрібнювача доволі ефективно працює під час подрібнення незернової частини рожаю (соломи) зернових культур. Для подрібнення решток грубостеблових культур вона мало пристосована.

Подрібнювач ПРР -280 призначений для подрібнення післяжнивних решток кукурудзи, соняшнику, багаторічних і однорічних трав, обрізаних гілок у міжряддях садів, виноградної лози та невеликих кущових насаджень. Особливо часто застосовується для скошування високої трави і чагарників діаметром до 5см на занедбаних і необроблених ділянках [13].

Подрібнювач має раму 5 (рисунок 1.8) з кожухом 3, центральний редуктор 4, карданну 1 та пасову 2 передачі. Всередині кожуха на підшипникових опорах змонтовано ротор з робочими органами у вигляді молоточків або Y-подібними ножами 6.

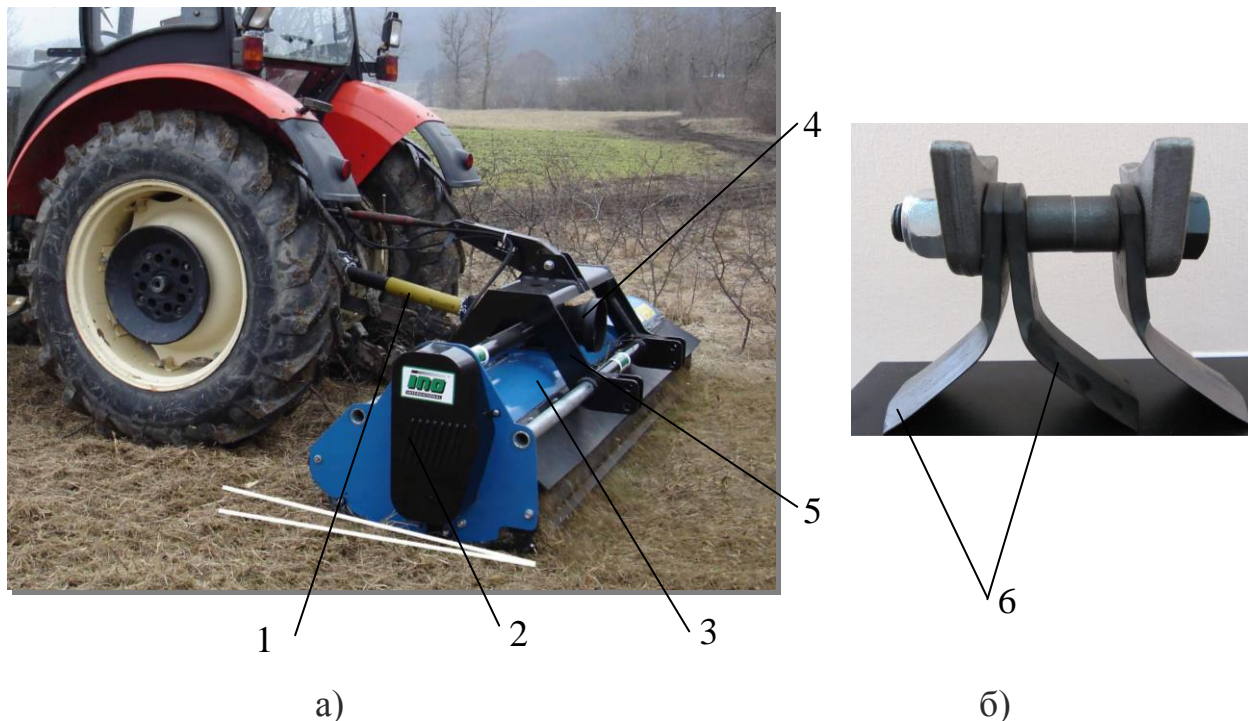


Рисунок 1.8 Подрібнювач пожнивних решток ПРР-280 (а) та його робочий орган (б):

1 – карданна передача; 2 – пасова передача; 3 – кожух; 4 – центральний редуктор; 5 – рама; 6 – робочий орган (Y-подібний ніж).

Для подрібнення чагарникової рослинності і післяжнивних решток кукурудзи використовують молотки, а Y-подібні ножі – застосовують для подрібнення м'якших пожнивних решток соняшнику та трав.

Подрібнювач агрегується з енергетичним засобом на його задньому механізмі начіпки симетрично до поздовжньої осі трактора. Для регулювання Висоту встановлення робочих органів над поверхнею ґрунту в межах 30-180мм регулюють кронштейном.

Напівначіпний подрібнювач MULCHER MZ (рисунок 1.9) компанії BEDNAR FMT має ширину захвату від 4,5 до 5,8м в залежності від модифікації. Він призначений для постійних травостої, лук та пасовищ, мульчування післяжнивних решток ріпаку, кукурудзи, соняшнику, зернових культур, знищення небажаних насаджень дере та кущової рослинності на поверхні ґрунту [11].



а)



б)

Рисунок 1.9 Напівначіпний подрібнювач MULCHER MZ (а)
та його робочий орган (б)

Подрібнювач MULCHER MZ оснащений двома парами зігнутих ножів (див. рисунок 1.9, б) на роторі. Леза ножів можуть використовуватися як для мульчування трав, так і для подрібнення стерні й післяжнивних решток ріпаку, соняшнику, кукурудзи та ін.

Таким чином, існуючі на сьогоднішній день подрібнювачі післяжнивних решток – це переважно машини і комбіновані агрегати, обов'язковим елементом яких є активний робочий орган, здатний ефективно подрібнювати й одночасно заробляти в ґрунт післяжнивні рештки як зернових, так і грубостеблових культур та кущової рослинності. Головним завданням в цьому випадку є вибір оптимального технологічного процесу, адаптованого до біологічних особливостей рослинності та підбір робочих органів для його реалізації.

Висновки

- 1 Серед відомих способів заробляння в ґрунт післяжнивних решток найбільш перспективним є спосіб, який передбачає подрібнення кореневищ і рослинних решток за один прохід агрегату з остаточним їх перемішуванням з ґрунтом і остаточним вирівнюванням поверхні поля.
- 2 Існуючі на сьогоднішній день подрібнювачі післяжнивних решток – це переважно машини і комбіновані агрегати, обов'язковим елементом яких є активний робочий орган, здатний ефективно подрібнювати й одночасно заробляти в ґрунт післяжнивні рештки як зернових, так і грубостеблових культур та кущової рослинності.
- 3 Підвищення ефективності машин для післяжнивного обробітку рослинних решток можливе за умови дослідження і адаптації їх робочих органів до ґрунтово-кліматичних умов.

3 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ПОДРІБНЮВАЧА

2.1 Обґрунтування робочого процесу подрібнення післяжнивних решток

Робочий процес подрібнення післяжнивних решток грубостеблових культур за допомогою комбінованого подрібнювача передбачає послідовне виконання окремих елементарних операцій, а саме: попереднє перерізання хаотично розміщених на поверхні поля стебел післяжнивних решток плоскими вирізними дисковими ножами; наступне розпушення ґрунту в міжрядді розподільниками й переміщення усіх рослинних решток до зон подрібнення, які співпадають з осями попередньо скошених рядків грубостеблових культур; ущільнення утворених валків парою котків; остаточне подрібнення активними робочими органами фрезерних секцій рослинних решток та кореневищ грубостеблових культур; остаточне вирівнювання поверхні поля.

Усі вказані технологічні операції виконуються за один прохід комбінованих ґрунтообробних агрегатів (див. рисунки 1.4 – 1.6).

Вказані агрегати обладнані різноманітними робочими органами, а тому їх параметри слід обґрунтовувати, спираючись на ґрунтово-кліматичні умови та стан рослинності (решток), які є на полі. Оскільки першим робочим органом комбінованого агрегату є плоский диск, то саме від обґрунтування його параметрів залежить ефективна робота інших робочих органів машини.

2.2 Дослідження взаємодії плоского диска із ґрунтом

Плоскі диски як з пасивним, так і з активним приводом застосовують як основні й додаткові робочі органи в дискових луцильниках, плугах, коренезбиральних машинах та комбайнах, подрібнювачах післяжнивних решток та інших машинах. За класифікацією – це диски з горизонтально-поперечною площиною обертання (рисунок 2.1), закріплені на осі, яка монтується в підшипникових опорах [23].

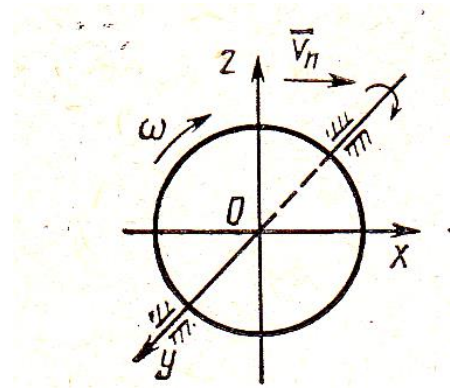


Рисунок 2.1 Схема диска з горизонтально-поперечною площиною обертання

Траєкторія руху точки плоского диска з горизонтально-поперечною віссю обертання описується рівняннями [15, 23]:

$$x = V_n + R_i \cos \omega t; \quad y = 0; \quad z = -R_i \sin \omega t, \quad (2.1)$$

а швидкість – рівнянням

$$V = V_n \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \sin \omega t}, \quad (2.2)$$

де V_n – швидкість поступального руху плоского диска;

t – час руху диска;

R_i – відстань від осі обертання диска до точки, що береться до уваги під аналітичних досліджень;

ω – кутова швидкість плоского диска;

ωt – кут повороту плоского диска, що відраховується від осі OX за годинниковою стрілкою.

λ – кінематичний параметр плоского диска.

Якщо пасивний диск переміщається поверхнею ґрунту без заглиблення, можна вважати, що $\lambda=1$. У цьому випадку диск котиться без ковзання і буксування, миттєвий центр швидкостей знаходиться в точці контакту диска з поверхнею ґрунту. За $\lambda > 1$ диск рухається з буксуванням і миттєвий центр швидкостей розташовується на прямій, що з'єднує центр диска з точкою контакту його леза з поверхнею ґрунту.

У міру збільшення λ миттєвий центр швидкостей наближається до центру диска і збігається з ним, коли $\lambda = \infty$. Якщо ж диск рухається з ковзанням, то $\lambda < 1$

і миттєвий центр швидкостей знаходиться нижче за точку контакту леза диска з поверхнею ґрунту, а при $\lambda=0$ – поза диском (у нескінченності) [23].

У процесі заглиблення диска у ґрунт збільшується його опір. Це дозволяє припустити, що кінематичний параметр λ зі збільшенням заглиблення буде зменшуватися. Однак це не відповідає дійсності.

Як показують попередні дослідження, в міру заглиблення плоского диска, вільно обертається кінематичний параметр плоского диска λ збільшується. Цю приховану закономірність визначають сили тертя, що діють на лезо та бічні поверхні диска. Якщо надати диску примусового обертання без урахування цього явища, то режим обертання може бути таким, що диск прагнутиме сам обертати вал приводу і внаслідок циркуляції проміжної потужності трансмісії виникнуть перевантаження [5, 23].

Припускаючи, що бічна поверхня диска, взаємодіючи з частинками ґрунту, не зміщує їх щодо моноліту, рівняння руху частинки щодо диска можна записати у вигляді [23]

$$x = (R \cos \alpha_i - V_n t) \cos \omega t + R \sin \alpha_i \sin \omega t; \quad (2.3)$$

$$z = (R \cos \alpha_i - V_n t) \sin \omega t - R \sin \alpha_i \cos \omega t, \quad (2.4)$$

де R - радіус диска;

α_i – кут, що характеризує положення частинки на певній глибині h_i , і може бути визначений з умови

$$\alpha_i = \arcsin\left(\frac{R - h_i}{R}\right). \quad (2.5)$$

Відносна швидкість частинки на поверхні плоского диска визначається за формулою

$$V_s = V_n \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda(\sin \alpha_i + \omega t \cos \alpha_i) + \omega^2 t^2}, \quad (2.6)$$

а відносне прискорення

$$\omega \alpha_i = \left(\frac{dV_r}{dt}\right) = \frac{\omega(\omega t - \lambda \cos \alpha_i)}{V_n \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda(\sin \alpha_i + \omega t \cos \alpha_i) + \omega^2 t^2}}. \quad (2.7)$$

З рисунка 2.2, а-в видно, що форма відносної траєкторії частинки змінюється в залежності від λ . Сила тертя F_T яка діє зі сторони частки на диск співпадає за напрямком з вектором її відносної швидкості.

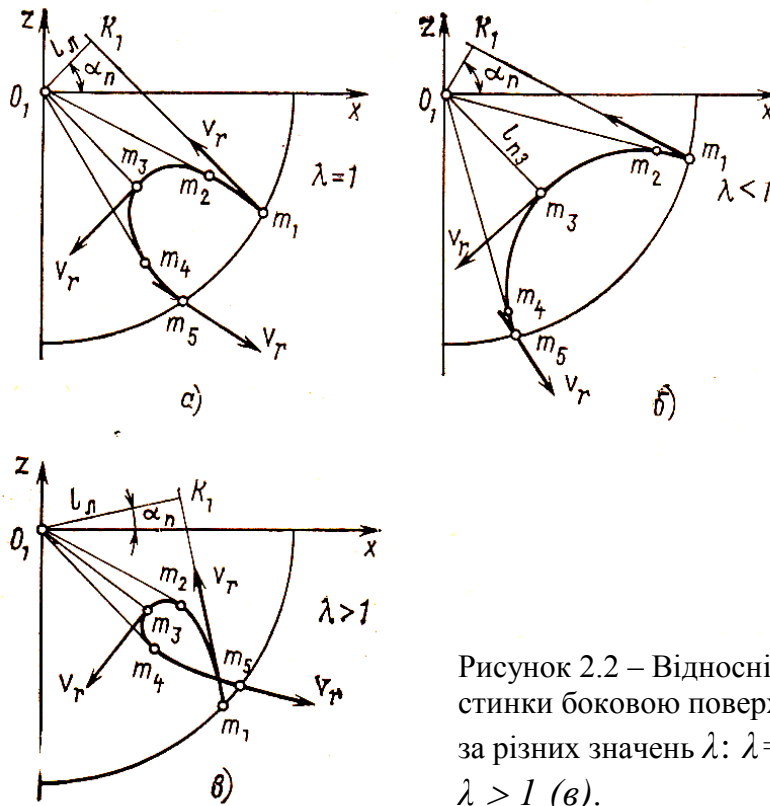


Рисунок 2.2 – Відносні траєкторії руху частинки боковою поверхнею плоского диска за різних значень λ : $\lambda=1$ (а); $\lambda < 1$ (б); $\lambda > 1$ (в).

Рівняння дотичної до відносної траєкторії руху частинки має вигляд

$$\frac{z_k - z}{\dot{z}} = \frac{x_k - x}{\dot{x}}, \text{ або } Ax_k - Bz_k - C = 0, \quad (2.8)$$

де A , B та C постійні коефіцієнти, які визначаються з таких залежностей:

$$A = (\omega R \sin \alpha_i - V_n) \sin \omega t + \omega (R \cos \alpha_i - V_n t) \cos \omega t; \quad (2.9)$$

$$B = (\omega R \sin \alpha_i - V_n) \cos \omega t - \omega (R \cos \alpha_i - V_n t) \sin \omega t; \quad (2.10)$$

$$C = (\omega R \sin \alpha_i - V_n) \sin \alpha_i + \omega (R \cos \alpha_i - V_n t)^2. \quad (2.11)$$

Момент сили тертя частинки щодо осі обертання диска характеризується полярною відстанню, яку визначаємо із співвідношення:

$$l_u = \frac{|C|}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (2.12)$$

Підставивши в цей вираз необхідні дані та провівши певні перетворення, отримаємо

$$l_n = \frac{\omega(R \cos \alpha_i - V_n t)^2 + R(\omega R \sin \alpha_i - V_n) \sin \alpha_i}{\sqrt{(\omega R \sin \alpha_i - V_n)^2 + \omega^2(R \cos \alpha_i - V_n)^2}}. \quad (2.13)$$

Вважаючи в ньому $t = 0$, отримаємо полярну відстань l_n для сили тертя, що діє на лезо плоского диска подрібнювача післяжнивних решток

$$l_n = \frac{R(\lambda - \sin \alpha_i)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \sin \alpha_i}}. \quad (2.14)$$

З рисунка 2.2 видно, що на ділянках кривої $m_1 m_2$ і $m_4 m_5$ напрямок швидкості V_n , а отже, і сила тертя протилежна до напрямку обертання диска, а на ділянці $m_2 m_3 m_4$ – збігається з напрямком його обертання.

Таким чином, на бічній поверхні плоского диска існують зони, в яких напрямок сил тертя протилежний до напрямку обертання диска навколо своєї осі, і зони, де вони збігаються. Такі ж зони існують і на лезі диска. Поділяють ці зони часточки, у яких в даний момент часу $l_n = 0$ і $l_n = 0$. Вважаючи в рівнянні (2.14) $l_n = 0$, знайдемо глибину h_i

$$h_i = R(1 - \lambda). \quad (2.15)$$

При $\lambda = 1$ отримаємо $h_i = 0$, тобто межею є найнижча точка леза диска. Для всіх $\lambda > 1$ на лезі такої межі немає і реакція ґрунту на нього створює момент, спрямований проти обертання диска щодо своєї осі.

Коли ж $\lambda < 1$, межа перетинає лезо. При $\lambda = 0$ реакція ґрунту на лезо в діапазоні глибини $h_i = 0 - R$ створює момент, що збігається з напрямком обертання диска щодо своєї осі.

На межах зазначених зон знаходяться точки бокової поверхні, в яких $l_n = 0$ (точки m_2 і m_4 , див. рисунок 2.2).

Щоб отримати рівняння межі, що розділяє зони, підставимо у формулу (2.13) полярну відстань $l_n = 0$. Тоді, після перетворень, отримаємо

$$\omega(R \cos \alpha_i - V_n t)^2 + R(\omega R \sin \alpha_i - V_n) \sin \alpha_i = 0. \quad (2.13)$$

Якщо в цьому рівнянні прийняти величину R змінною та почати відлік часу руху частки не з моменту торкання леза, а з моменту попадання в точку m_2

(рисунок 2.3), тобто ввести заміну $R = R_i$ і $t = t_i = 0$, і вирішити його щодо R_i , то отримаємо [23]

$$Om_2 = R_i = \frac{R}{\lambda} \sin \alpha_i = \rho \sin \alpha_i, \quad (2.14)$$

де ρ – радіус фіктивного кола, що відповідає відстані $O\Pi$ від центра диска до миттєвого центра швидкостей.

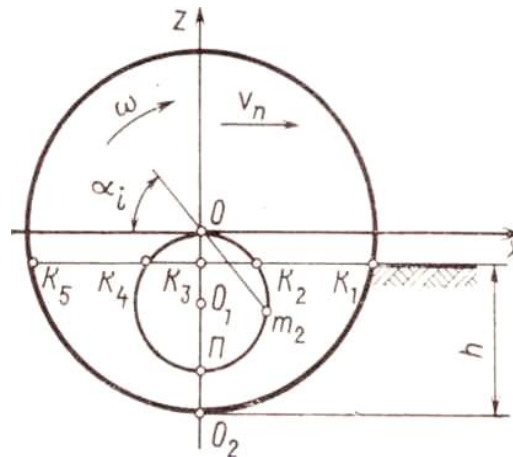


Рисунок 2.3 – Схема утворення зон на боковій поверхні плоского диска

Вираз (2.14) є полярним моментом кола, причому полюс системи, який відповідає цьому рівнянню, співпадає з центром диска, а полярна вісь – з віссю x .

Таким чином, якщо диск занурений у ґрунт на глибину h , то всередині зони $K_2m_2\Pi K_4$ на нього діють сили тертя, напрям моменту яких щодо точки O збігається з напрямком обертання диска навколо своєї осі, а в зоні $K_1O_2K_5K_4\Pi K_2$ – протилежно напрямку обертання диска. Частина кола $K_2\Pi K_4$ поділяє ці окремі зони.

Вирішуючи рівняння (2.13) щодо t , знайдемо тривалість руху частинки у кожній зоні:

- від лінії дотику з лезом диска до лінії $K_2m_2\Pi$:

$$t_2 = (\lambda \cos \alpha_i - \sqrt{\lambda \sin \alpha_i - \lambda^2 \sin^2 \alpha_i}) / \omega, \quad (2.15)$$

- від лінії $K_2m_2\Pi$ до лінії $K_4\Pi$:

$$t_4 = 2t_3 = (\lambda \cos \alpha_i - \sqrt{\lambda \sin \alpha_i - \lambda^2 \sin^2 \alpha_i}) / \omega. \quad (2.16)$$

Тривалість руху частинки всією траєкторією $m_1 \dots m_5$ (див. рисунок 2.2) визначаємо за формулою

$$t_5 = \frac{2R \cos \alpha_i}{V_n}. \quad (2.17)$$

Якщо допустити тиск ґрунту на бічні поверхні диска рівномірним, можна вважати, що режим обертання пасивного диска буде таким, що площа S_T зони гальмування стане рівною площі S_B зони, де сили тертя сприяють його обертанню. З рисунка 2.4 видно, що $S_m = S_{ABPCDO_2}$, $S_B = S_{BKCP}$.

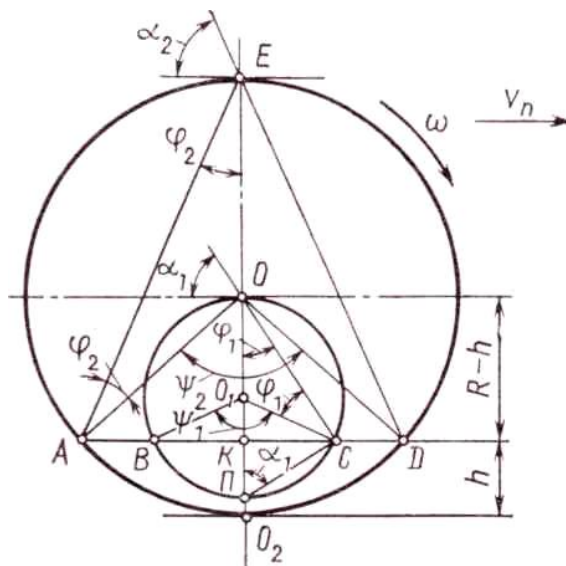


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку площ зон взаємодії плоского диска з ґрунтом

За $S_T = S_B$ має виконуватись рівність

$$S_{ABPCDO_2} = 2S_{BKCP}. \quad (2.18)$$

Ці зони є сегментами кіл з радіусами R і $0,5\rho$. Їх площі розраховують за формулами

$$S_{ABPCDO_2} = 0,5R^2 \left(\frac{\pi\psi_2}{180} - \sin\psi_2 \right), \quad (2.19)$$

$$S_{BKCP} = 0,5(OO_1)^2 \left(\frac{\pi\psi_1}{180} - \sin\psi_1 \right), \quad (2.20)$$

Але $OO_1 = \frac{\rho}{2} = \frac{R}{2\lambda}$. Крім цього, з рисунка 2.4 маємо:

$$ED = 2R \sin \alpha_2 = \frac{2R - h}{\sin \alpha_2}. \quad (2.21)$$

Звідки

$$\alpha_2 = \arcsin \sqrt{1 - \frac{h}{2R}}. \quad (2.22)$$

Одночасно з рисунка 2.4 видно

$$\varphi_2 = 0,5\pi - \alpha_2, \text{ а } \psi_2 = 4\varphi_2. \quad (2.23)$$

$$\text{Таким чином, } \psi_2 = 2\pi - 4 \arcsin \sqrt{1 - \frac{h}{2R}}. \quad (2.24)$$

$$\text{Аналогічно } \psi_1 = 2\pi - 4 \arcsin \sqrt{1 - \frac{h}{R}}. \quad (2.25)$$

Послідовно підставляючи отримані дані на рівність (2.24) і провівши певні перетворення, отримуємо

$$2\lambda^2(\psi_2 - \sin \psi_2) = \psi_1 - \sin \psi_1. \quad (2.26)$$

Складна картина розподілу сил, які діють на диск, ускладнює їх точне визначення. Для спрощення завдання зведемо їх до рівнодіючих. Вважатимемо, що точкою застосування рівнодіючої реакції ґрунту на лезо диска є середина дуги (рисунок 2.5, а) тієї частини леза, яка розрізає пласт ґрунту.

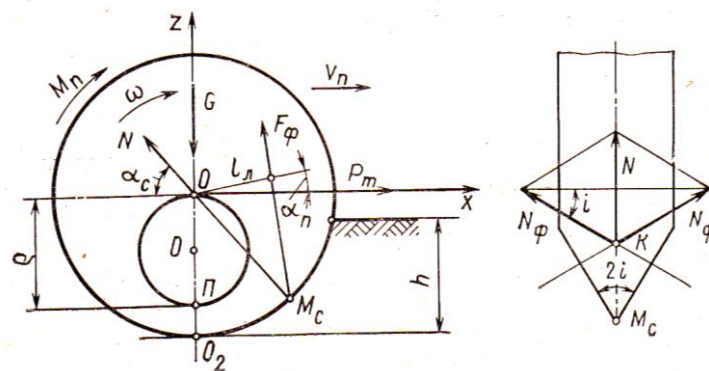


Рисунок 2.5 – Схеми: для визначення сил, що діють на плоский диск (а) та дії нормальних сил зі сторони ґрунту на лезо диска (б)

Тоді

$$\alpha_c = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} \arcsin \frac{R - h}{R}. \quad (2.27)$$

Якщо знехтувати незбалансованою силою тертя, що виникає при порушенні рівності (2.18) у процесі роботи з $\lambda > 1,08$, то умову рівноваги диска можна записати у вигляді

$$\sum P_x = P_T - N \cos \alpha_c - 2F_\phi \sin \alpha_n = 0; \quad (2.28)$$

$$\sum P_z = N \sin \alpha_c - 2F_\phi \cos \alpha_n - G = 0; \quad (2.29)$$

$$\sum M_o = 2F_\phi l_a - M_n = 0, \quad (2.30)$$

де N – рівнодійна нормальних сил зі сторони ґрунту на лезо диска;

F_ϕ – рівнодійна сил тертя ґрунту об фаску леза диска;

α_n – полярний кут;

G – вертикальна сила заглиблення, прикладена до осі диска;

M_n – момент приводу диска.

Полярний кут за $t=0$ визначаємо за формулами

$$\cos \alpha_n = \pm \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}; \quad \sin \alpha_n = \pm \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}.$$

Реакція ґрунту на лезо плоского диска залежить від кута i його загострення (див. рисунок 2.5, б). Позначивши коефіцієнт тертя ґрунту об диск через f і враховуючи, що

$$F_\phi = fN_\phi = \frac{fN}{2 \sin \alpha_i} \quad (2.31)$$

з рівняння (2.29) будемо мати

$$N = \frac{G \sin \alpha_i}{(\sin i \sin \alpha_c + f \cos \alpha_n)} \quad (2.32)$$

Тяговий опір P_T диска знайдемо з рівняння (2.28)

$$P_T = \frac{G(\sin \alpha_i \cos \alpha_c + f \sin \alpha_n)}{(\sin i \sin \alpha_c + f \cos \alpha_n)} \quad (2.33)$$

Таким чином, тяговий опір плоского диска залежить від щільності ґрунту, яка визначається величиною вертикального навантаження G , кута заточки леза i , занурення диска в ґрунт, що враховується кутом α_n , режиму обертання, що визначається величиною α_n , і коефіцієнта тертя f .

Закономірність зміни моменту M_n приводу диска знайдемо з рівняння (2.30), використовуючи формули (2.14), (2.31) та (2.32):

$$M_n = \frac{fGR(\lambda - \sin \alpha_c)}{(\sin i \sin \alpha_c + f \cos \alpha_n) \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \sin \alpha_c}} \quad (2.34)$$

Отримані формули (2.32) – (2.34) дають змогу визначити тяговий опір та момент приводу плоского диска подрібнювача післяжнивних решток.

2.3 Обґрунтування параметрів плоского диска

Із попередніх досліджень випливає, що безпосередній процес взаємодії плоского диска з ґрунтом і стебловою масою, що є на його поверхні дещо різняться. Так, під час його взаємодії зі стеблом спостерігаються два основні етапи: защемлення рослинного матеріалу й його різання.

Оскільки кут защемлення сумарно враховує кут тертя між ґрунтом і рослиною масою на його поверхні та плоским диском і стеблами кукурудзи (соняшнику), мінімальний радіус R_d плоского (вирізного) дискового ножа подрібнювача грубостеблових культур, за якого забезпечується защемлення розкиданих хаотично на поверхні поля стебел радіусом R_{cm} :

$$R_d = R_{cm} \operatorname{ctg}^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}. \quad (2.35)$$

Для забезпечення сталого рівномірного обертання диска під час переміщення полем і перерізання рослинності його тягове зусилля має бути рівним або більшим за суму сил тертя, лобового опору диска в ґрунті та тертя диска по розрізаних стеблах післяжнивних решток, тобто:

$$F_o \geq F_x + F_a + F_c, \quad (2.36)$$

де F_x – сила тертя диска об ґрунт, кН;

F_a – сила лобового опору плоского диска в ґрунті, кН;

F_c – сила тертя диска по розрізаних стеблах післяжнивних решток, кН.

$$F_x = V_o \cdot \beta (h^2 - 2R_{cm} \cdot h)^{\frac{3}{2}}, \quad (2.37)$$

де β – коефіцієнт тертя, Н·с·м;

V_0 – швидкість руху точок диска, м/с;

h – глибина обробітку, м.

Сила лобового опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток в ґрунті визначається за формулою

$$F_x = \rho \cdot S \cdot V_0^2 = \rho \cdot V_0^2 \left[a(h-b) + \frac{ab}{2} \right], \quad (2.38)$$

де ρ – середня густина ґрунту в зоні дії диска, г/мм³;

a – товщина диска, мм;

b – ширина загостреної ділянки плоского диска, мм.

Сила тертя диска по розрізаних стеблах післяжнивних решток визначається за формулою

$$F_c = \frac{t}{t + \tau} F_p \cdot \sin(\alpha + \alpha_0), \quad (2.39)$$

де t – тривалість різання стебел післяжнивних решток, с;

τ – час між окремими взаємодіями плоского диска й стебла, с;

α – кут між радіус-вектором dS і вертикаллю плоского диска;

α_0 – кут між радіус-вектором dS і вертикаллю стебла, яке перерізається;

F_p – сила різання рослинних післяжнивних решток, Н.

Виконаними аналітичними дослідженнями встановлено, що для ефективного перерізання стебел кукурудзи, хаотично розкиданих на поверхні поля, діаметр плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток має бути не меншим за 450мм, а його рівномірне обертання, без проковзувань по рослинах в момент їх перерізання забезпечуватиметься, якщо його тягове зусилля відповідатиме умові $F_0 \geq 132,41\text{Н}$.

Висновки

1. Теоретичними дослідження встановлено, що під час взаємодії плоского диска з ґрунтом на його бічній поверхні плоского диска і на його лезі існують зони, в яких напрямки сил тертя протилежний до напрямку обертання диска навколо своєї осі, і зони, де вони збігаються.

2. Теоретичними дослідження встановлено, що тяговий опір плоского диска залежить від щільності ґрунту, яка визначається величиною вертикального навантаження G , кута заточки леза i , занурення диска в ґрунт, що враховується кутом α_c , режиму його обертання, а також величини полярного кута $a_{\text{п}}$, і коефіцієнта тертя f .
3. Отримані формули (2.32) – (2.34) дають змогу визначити тяговий опір та момент приводу плоского диска подрібнювача післяжнивних решток.
4. Виконаними аналітичними дослідженнями встановлено, що для ефективного перерізання стебел кукурудзи, хаотично розкиданих на поверхні поля, діаметр плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток має бути не меншим за 450мм, а його рівномірне обертання, без проковзувань по рослинах в момент їх перерізання забезпечуватиметься, якщо його тягове зусилля відповідатиме умові $F_0 \geq 132,41\text{Н}$.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень було визначення опору плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток на різних глибинах обробітку, підтвердження та доповнення теоретичних досліджень системи “плоский диск–грунтово-рослинне середовище”.

Для досягнення сформульованої мети була розроблена програма експериментальних досліджень, яка передбачала виконання таких завдань:

- 1). Визначення опору плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток на різних глибинах обробітку;
- 2). Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток;

3.2 Передумови проведення дослідів

Попередніми теоретичними дослідження встановлено, що тяговий опір плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток залежить від щільності ґрунту, яка визначається величиною вертикального навантаження, кута заточки леза, глибини ходу плоского диска в ґрунті, режиму його обертання, діаметра диска, а також величиною коефіцієнта тертя ґрунту об матеріал самого диска.

Коефіцієнт тертя ґрунту по металу має суттєвий вплив на обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів плоского дискового ножа котка комбінованого подрібнювача післяжнивних решток. Він залежать від механічного складу ґрунту, його вологості та матеріалу, з якого виготовлено сам диск [4, 5, 15, 23].

Тому об'єктом досліджень був плоский диск, закріплений у кронштейні візка лабораторної установки на базі ґрунтового каналу кафедри агроінженерії та

технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича Львівського національного університету природокористування.

Дослідження проводились у відповідності із загальноприйнятими методиками [15, 23], а для визначення окремого конкретного розмірного показника і опору плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток розроблялись часткові методики.

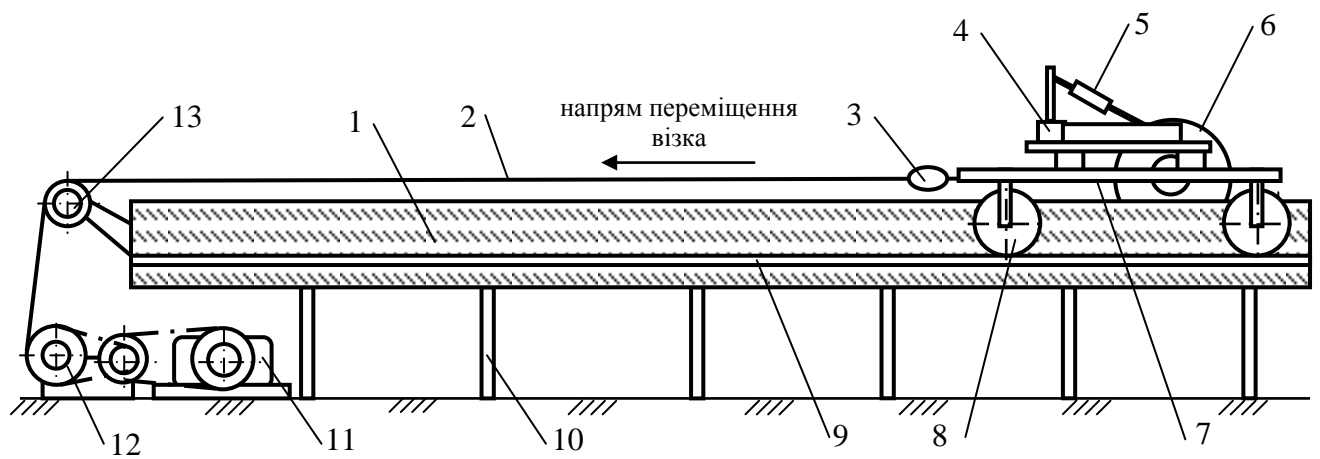
Експериментальні дані оброблялись методами математичної статистики і теорії ймовірності з визначення середнього арифметичного X , середніх квадратичних відхилень окремого вимірювання σ та кінцевого результату m , коефіцієнта варіації v , відносного статистичного відхилення p середнього арифметичного [23].

3.3 Методика визначення опору робочого плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток

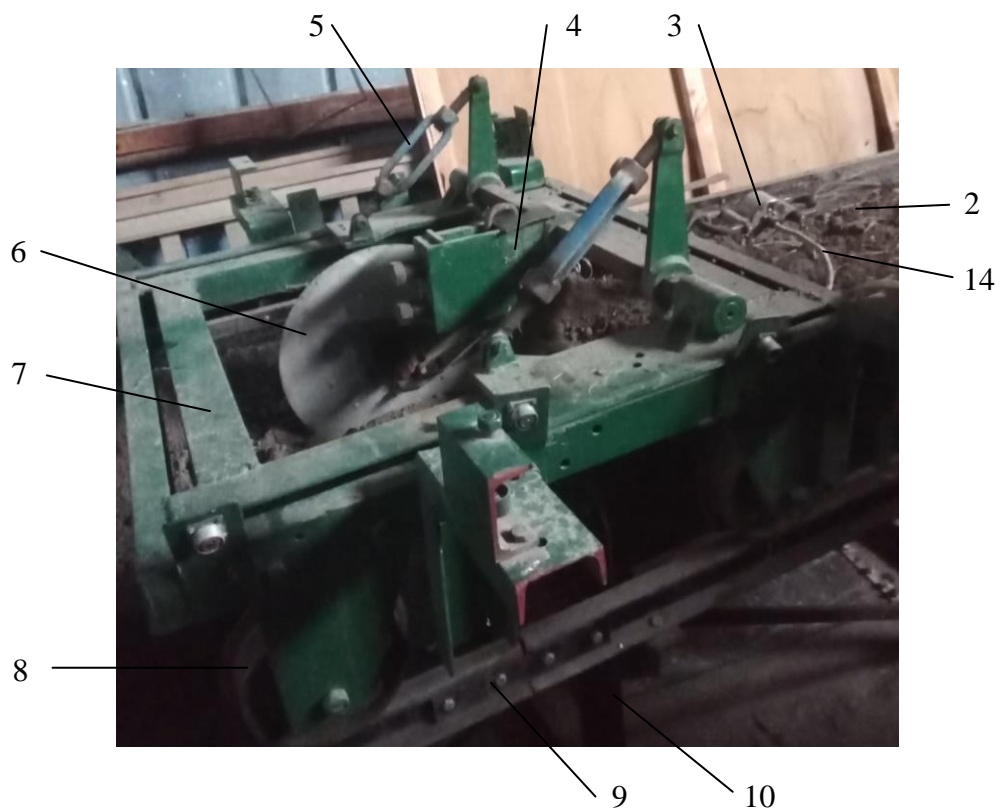
Під час обробітку ґрунту плоским дисковим ножом комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, ґрунт чинить опір, що узагальнено залежить від режимів роботи плоского дискового ножа на різних глибинах обробітку. Перед безпосередніми експериментальними дослідженнями опору дискового ножа визначалась вологість ґрунту у коробі ґрунтового каналу.

Під час експериментальних досліджень визначався тяговий опір плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток за різних кутів i заточки його леза, а саме 20 та 30град.

Експерименти проводились в ґрунтовому каналі 1 (рисунок 3.1), основою якого є, змонтований на опорах 10, металевий короб, заповнений шаром ґрунту глибиною 0,4м. З обидвох зовнішніх боків короба змонтовано рейси 9 по яких, на колесах 8, переміщувався візок 7 у вигляді зварної рами прямокутної форми, у задній частині якої, на квадратному валі, змонтовано кронштейн 4, в якому кріпився плоский дисковий ніж 6.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Лабораторна установка для дослідження опору робочого органу подрібнювача післяжнивних решток:

а) схема; б) загальний вигляд; 1 – ґрунтовий канал; 2 – трос; 3 – динамограф електричний; 4 – кронштейн; 5 – тяга регульовальна; 6 – робочий орган (плоский диск); 7 – візок; 8 – колесо візка; 9 – рейси; 10 – опора; 11 – електродвигун; 12 – варіатор швидкостей; 13 – шків; 14 – кабель.

Регулювальною тягою 5 кронштейна 4 частково змінювалась глибина обробітку ґрунту плоским дисковим ножом.

Візок 7 переміщувався рейсами 9 за допомогою електродвигуна 11, який тягнув його тросом 2 через варіатор змінних швидкостей 12 та шківів 13. Між візком 7 і тросом 2 був змонтований тяговий електричний динамограф 3, з'єднаний кабелем 14 з реєструвальною апаратурою і персональним компютером.

Під час проведення кожного з дослідів візок 7 з плоским дисковим ножом 6 комбінованого подрібнювача післяжнивних решток встановлювались на початку жолоба ґрунтового каналу. Плоский диск 6 встановлювався на відповідну глибину обробітку і включався електродвигун 11, який тросом 2 тягнув візок 7, що опирався на його колеса 8 по рейсах 9 вздовж ґрунтового каналу 1.

Під час переміщення візка 7 тяговий електричний динамограф 3 подавав сигнали через кабель 14 до осцилографа персонального компютера, який записував опір плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток у вигляді осцилограм. Одночасно секундоміром засікався час проходження візка 7 всього ґрунтового каналу 1 й визначалась середня робоча швидкість V_p його переміщення разом з плоским дисковим ножом.

Після обробки осцилограм визначався тяговий опір плоского дискового ножа комбінованого подрібнювача післяжнивних решток за відомою залежністю [15]:

$$R_{азр} = Y \cdot \delta, \quad (3.1)$$

де Y – середнє значення ординати осцилограми, мм;

δ – масштаб тягового електричного динамографа.

Експериментальні дослідження проводились на глибинах обробітку 0,02; 0,08 та 0,14м.

Перед кожною серією дослідів ґрунт вздовж каналу вирівнювався та ущільнювався. Вологість ґрунту в ґрунтовому каналі під час проведення експериментів не перевищувала 22%.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Опір плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток

Виконаними експериментальними дослідженнями підтверджено, що опір плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток змінюється в залежності кута заточки його леза, коефіцієнта тертя ґрунту об диск та швидкості переміщення робочого органу під час заробляння післяжнивних решток. Впливовими на величину тягового опору плоского диска є також глибина його обробітку, вологість ґрунту та наявність на його поверхні різного роду післяжнивних решток.

Виконаними експериментами встановлено, що для плоского диска (під час експериментів використовувався плоский диск діаметром 0,45м і вагою 4,6кг) комбінованого агрегату для заробляння післяжнивних решток, який переміщувалася візком лабораторної установки з швидкістю 1,45м/с, закономірність зміни середніх значень його опору $R_{\alpha(I)}$ в залежності від кута заточки леза диска $\alpha=20$ град., наближено описується поліноміальним рівнянням другого ступеня, що має такий вигляд:

$$R_{\alpha(I)} = 14887 \alpha^2 - 357,18 \alpha + 22,739. \quad (4.1)$$

Для аналогічного плоского диска комбінованого агрегату для заробляння післяжнивних решток, який переміщувалася візком лабораторної установки з швидкістю 1,45м/с, закономірність зміни середніх значень його опору $R_{\alpha(II)}$ в залежності від кута заточки леза диска $\alpha=30$ град., наближено описується поліноміальним рівнянням другого ступеня, що має такий вигляд:

$$R_{\alpha(II)} = 16835 \alpha^2 - 260,08 \alpha + 31,462. \quad (4.2)$$

Графічна інтерпретація проведених експериментальних досліджень (рисунок 4.1) показує, що в діапазоні глибин обробітку ввід 0,02 до 0,05м наближено спостерігається лінійне зростання опору плоского диска комбінованого подріб-

нювача післяжнивних решток з 20,0 до 60,0Н для усіх діапазонів зміни кутів заточки леза плоского диска за швидкості переміщення візка лабораторної установки 1,45м/с за вологості ґрунту 22%.

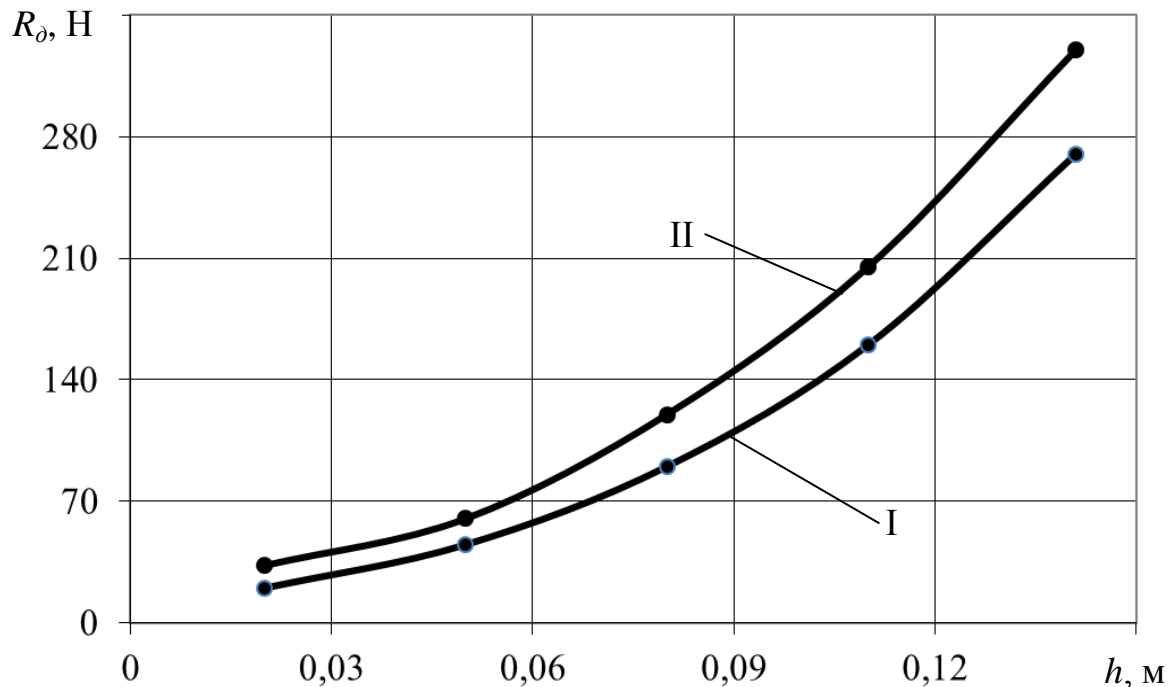


Рисунок 4.1– Закономірність зміни опору R_δ (Н) плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток від глибини обробітку h (м) за кутів заточки леза $i=20$ град. (I) та $i=30$ град. (II) і вологості ґрунту 22%.

Як видно із отриманих графічних залежностей (див. рисунок 4.1) для глибин обробітку понад 0,05м відбувається більш інтенсивне зростання опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, причому із збільшенням кута заточки леза плоского диска, його опір також зростає інтенсивніше. Так, за кута заточки леза диска $i=30$ град. та глибини обробітку $h=0,14$ м його максимальне значення сягає 330,0Н, а за кута заточки леза диска $i=20$ град. – 270,0Н.

Це пов'язано з режимом роботи плоского диска в ґрунті. Так, рухаючись поверхнею ґрунту диск переміщується вільно обертаючись на підшипниковій опорі без проковзувань і защемлень ґрунтовым середовищем. На більших же глибинах плоский диск защемлюється частинами розрізаного ґрунту, а вологість у

нижніх шарах ґрунту посилює дію сил адгезії, що в сукупності призводить до збільшення його опору.

Висновки

1. Виконаними експериментальними дослідження підтверджено, що опір плоского диска комбінованого агрегату для заробляння післяжнивних решток залежить від кута заточки леза диска і закономірності його зміни наближено описуються поліноміальними рівняннями другого ступеня.

2. Згідно виконаних досліджень встановлено, що в діапазоні глибин обробітку ввід 0,02 до 0,05м наближено спостерігається лінійне зростання опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток з 20,0 до 60,0Н для усіх діапазонів зміни кутів заточки леза плоского диска за швидкості переміщення візка лабораторної установки 1,45м/с за вологості ґрунту 22%.

3. Дослідженнями встановлено, що для глибин обробітку понад 0,05м відбувається більш інтенсивне зростання опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, причому із збільшенням кута заточки леза плоского диска, його опір також зростає інтенсивніше; так, за кута заточки леза диска $i=30$ град. та глибини обробітку $h=0,14$ м його максимальне значення сягає 330,0Н, а за кута заточки леза диска $i=20$ град. – 270,0Н.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Складання карти умов праці під час використання комбінованого подрібнювача

В сучасному сільськогосподарському виробництві характерним явищем є вплив на організм людини різних технологічних, технічних, біологічних та інших факторів, з метою прогнозування яких потрібно провести паспортизацію кожного робочого місця працівника [2, 10].

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ремонтна дільниця, робоче місце тощо) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності.

Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів безпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному [10].

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці.

Паспорт підприємства складається з окремих паспортів дільниць та містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства органі-

зовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки у підпорядкованій йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час заробляння післяжнивних решток комбінованим подрібнювачем, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_\varepsilon - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_ε - фактичне значення фактора умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\partial\phi} = K_n \cdot T_{\partial\phi}. \quad (5.2)$$

де $T_{\partial\phi}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\partial\phi}}{n} \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.005-93 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;
- ДНАОП 0.00-1* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці механізатора під час заробляння післяжнивних решток дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом взаємодії робочих комбінованого подрібнювача з ґрунтовим середовищем, де знаходяться післяжнивні рештки, під час якого на остов енергетичного засобу, а відповідно і механізаторам можуть передаватися вібраційні коливання від активного фрезерного робочого органу.

Шкідливими є також пари нафтопродуктів (дизельного палива, оливи гідросистеми та гідроприводу). Для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек механізатору необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5–10 хв., вимкнувши при цьому двигун та покинувши кабіну енергетичного засобу.

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-якого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними [2, 10].

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної

такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людини – машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

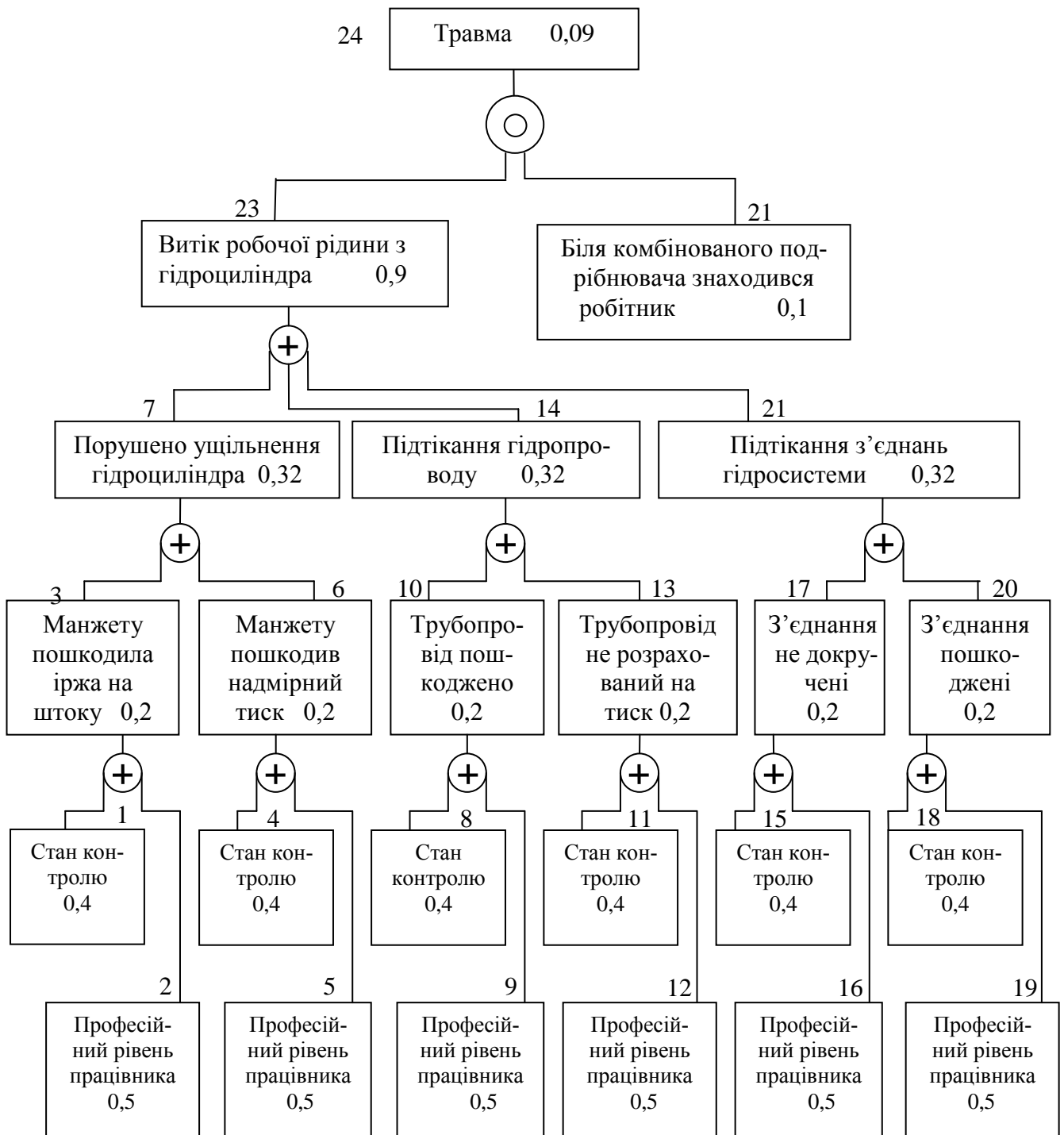
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:

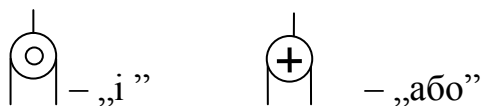


Рисунок 5.1 – Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час заробляння післяжнивних решток комбінованим подрібнювачем: 1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, проведення технічного обслуговування комбінованого подрібнювача, приєднаного до причіпної скоби трактора і її гідравлічна система з'єднана з гідравлічною системою енергетичного засобу і піднятою рамою в транспортне положення вимагає дотримання вимог безпеки, через можливе виникнення травм та аварій. Перш за все, проводячи технічне обслуговування слід, користуватися надійним підставками, які необхідно підкладати під раму комбінованого подрібнювача для фіксації його в транспортному положенні. Якщо комбінований подрібнювач обслуговувати без підставок, а тільки використовувати елементи роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора, то на робочому місці під час його технічного обслуговування за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки – до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку механізатора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПОДРІБНЮВАЧА

Економічна ефективність використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток оцінювалась з його базовою моделлю.

Основним критерієм економічної ефективності від покращання технічних і технологічних параметрів машини є економічний ефект. Його визначають як різницю між отриманими показниками використання запропонованого комбінованого подрібнювача і їх чинними значеннями на даний момент для базової моделі [16, 19].

Дослідження економічної ефективності використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток проводилось на основі методики розрахунку ефективності спеціалізованої сільськогосподарської техніки [24].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$I = Z_n + A + R + \Pi + Z_{зб}, \quad (6.1)$$

де Z_n – сума заробітної плати механізаторів і допоміжних працівників, грн./га;

A – амортизаційні відрахування, грн./га;

R – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

Π – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./га;

$Z_{зб}$ – відрахування на зберігання, грн./га.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$Z_n = \Sigma (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де n_i – чисельність i -го виробничого персоналу, чол.;

τ_i – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

k_i – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Амортизаційні відрахування всіх складових агрегату визначаються з виразу:

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.і})), \quad (6.3)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату та допоміжного обладнання, грн.;

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію;

$T_{ф.р.і}$ – тривалість фактичного річного використання складових МТА, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.і})), \quad (6.4)$$

де p_i – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової агрегату;

κ_i – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт трактора або складних самохідних машин;

$T_{н.р.і}$ – нормативне річне завантаження i -ої складової агрегату, год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначається з виразу

$$\Pi = GЦ / W_{зм}, \quad (6.5)$$

де G – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/год;

$Ц$ – комплексна вартість нафтопродуктів, грн./кг.

Витрати на зберігання машин визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5% від витрат на ремонт і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.і})). \quad (6.7)$$

Затрати праці на виконання виробничого процесу

$$З_{зб} = \Pi_o / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Π_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Зведені затрати знаходяться за формулою:

$$Z = I + E \Sigma (B_i / (W_{zm} T_{n.p.i})), \quad (6.9)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини E_m визначається за формулою:

$$E_m = (Z_{\delta} - Z_n) B_p, \quad (6.10)$$

де Z_{δ} , Z_n – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн./га.;

B_p – річне напрацювання модернізованої машини, га.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни C у відсотках:

$$C = 100(Z_{pb} - Z_{pn})/Z_{pb}, \quad (6.11)$$

де Z_{pb} , Z_{pn} – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Вихідні дані для проведення досліджень економічних показників вибирались на основі найсприятливіших умов використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, на підставі яких була визначена його продуктивність. Годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначались з умови отримання середньої заробітної плати в межах 18100 грн.

Отримані результати проведених за формулами (6.1)–(6.11) розрахунків свідчать про доцільність використання запропонованої конструкції комбінованого подрібнювача післяжнивних решток.

Усі отримані дані зводимо в таблицю 6.1 для остаточного аналізу.

З таблиці 6.1 видно, що річний економічний ефект від використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток становить 5958,57грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 22667,81грн.

Таблиця 6.1–Економічна ефективність використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток

Показники	ХТЗ-150К.09.172 + подрібнювач післяжнивних решток	ХТЗ-150К.09.172 + комбінований подрі- бнювач післяжнив- них решток
1	2	3
Річне напрацювання, га	26,4	27,8
Прямі затрати, грн./га на:		
- оплату праці	71,43	67,90
- паливно-мастильні матеріали	924,0	732,0
- ТО, поточний і капітальний ремонт	517,68	509,60
- реновацію	347,22	342,94
- інші прямі затрати	33,65	33,12
- всього прямих затрат	1893,98	1685,56
Капітальні вкладення, грн.	2777,78	2743,58
Зведені затрати, грн.	2310,64	2097,09
Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини, грн.	-	5958,57
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби модернізованої машини, грн.	-	22667,81
Затрати праці, люд. год/га	1,0	0,62
Річна економія праці, люд. год	-	0,38
Зменшення (%):		
- затрат праці	-	38,27
- прямих затрат	-	11,0
- зведених затрат	-	9,24
- капітальних вкладень	-	1,23
Термін окупності, років	-	2,61

Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – 38,27%; прямих затрат – на 11,0%; зведених затрат – на 9,24%. Для запровадження машини доведеться збільшити суму капіталовкладень на 1,23%, а термін їх окупності становить 2,61 року.

Висновки

1. Виконані розрахунки вказують на те, що річний економічний ефект від використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток становить 5958,57грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 22667,81грн.

2. Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – 38,27%; прямих затрат – на 11,0%; зведених затрат – на 9,24%. Для запровадження машини доведеться збільшити суму капіталовкладень на 1,23%, а термін їх окупності становить 2,61 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Серед відомих способів заробляння в ґрунт післяжнивних решток найбільш перспективним є спосіб, який передбачає подрібнення кореневищ і рослинних решток за один прохід агрегату з остаточним їх перемішуванням з ґрунтом та остаточним вирівнюванням поверхні поля.
2. Існуючі на сьогоднішній день подрібнювачі післяжнивних решток – це переважно машини і комбіновані агрегати, обов'язковим елементом яких є активний робочий орган, здатний ефективно подрібнювати й одночасно заробляти в ґрунт післяжнивні рештки як зернових, так і грубостеблових культур та кущової рослинності.
3. Теоретичними дослідженнями встановлено, що під час взаємодії плоского диска з ґрунтом на його бічній поверхні плоского диска і на його лезі існують зони, в яких напрямки сил тертя протилежний до напрямку обертання диска навколо своєї осі, і зони, де вони збігаються.
4. Теоретичними дослідженнями встановлено, що тяговий опір плоского диска залежить від щільності ґрунту, яка визначається величиною вертикального навантаження G , кута заточки леза i , занурення диска в ґрунт, що враховується кутом α_c , режиму його обертання, а також величини полярного кута α_p , і коефіцієнта тертя f .
5. Отримані формули (2.32) – (2.34) дають змогу визначити тяговий опір та момент приводу плоского диска подрібнювача післяжнивних решток.
6. Виконаними аналітичними дослідженнями встановлено, що для ефективного перерізання стебел кукурудзи, хаотично розкиданих на поверхні поля, діаметр плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток має бути не меншим за 450мм, а його рівномірне обертання, без проковзувань по рослинах в момент їх перерізання забезпечуватиметься, якщо його тягове зусилля відповідатиме умові $F_0 \geq 132,41Н$.
7. Виконаними експериментальними дослідженнями підтверджено, що опір плоского диска комбінованого агрегату для заробляння післяжнивних решток за-

лежить від кута заточки леза диска і закономірності його зміни наближено описуються поліноміальними рівняннями другого ступеня.

8. Згідно виконаних досліджень встановлено, що в діапазоні глибин обробітку ввід 0,02 до 0,05м наближено спостерігається лінійне зростання опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток з 20,0 до 60,0Н для усіх діапазонів зміни кутів заточки леза плоского диска за швидкості переміщення візка лабораторної установки 1,45м/с за вологості ґрунту 22%.
9. Дослідженнями встановлено, що для глибин обробітку понад 0,05м відбувається більш інтенсивне зростання опору плоского диска комбінованого подрібнювача післяжнивних решток, причому із збільшенням кута заточки леза плоского диска, його опір також зростає інтенсивніше; так, за кута заточки леза диска $i=30$ град. та глибини обробітку $h=0,14$ м його максимальне значення сягає 330,0Н, а за кута заточки леза диска $i=20$ град. – 270,0Н.
10. Виконані розрахунки вказують на те, що річний економічний ефект від використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток становить 5958,57грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 22667,81грн.
11. Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю на працювання: затрат праці – 38,27%; прямих затрат – на 11,0%; зведених затрат – на 9,24%. Для запровадження машини доведеться збільшити суму капіталовкладень на 1,23%, а термін їх окупності становить 2,61 року.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
- 2 Винокуров Л. Е., Васильчик М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Київ. Вікторія. 2001. 254 с.
- 3 Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
- 5 Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга». 2008. 543 с.
- 6 Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
- 7 Лихочвор В.В., Бомба М.І., Дубковецький С.В. та ін. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур. Львів.: Українські технології, 1999. 410 с.
- 8 Комбінований подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур: пат. 95135 Україна: № *и* 201407365; заявл. 01.07.2014; опубл. 10.12.2014. Бюл. №23. 4 с.
- 9 Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
- 10 Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П. Охорона праці (гігієна та виробнича санітарія) Львів «Тріада плюс», 2015. 224 с.
- 11 Подрібнювач MULCHER MZ. URL: <https://www.bednar.com/uk/mulcher-mz/> (дата звернення: 12.09.2024).
- 12 Подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур: пат. 95126 Україна: № *и* 201407335; заявл. 01.07.2014; опубл. 10.12.2014. Бюл. №23. 4 с.

- 13 Подрібнювач рослинних решток ПРР 280. URL: <https://astartat.com.ua/ua/mulcher-prr-280> (дата звернення: 11.09.2024).
- 14 Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
- 15 Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
- 16 Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 17 Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1. Київ. Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
- 18 Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2. Київ. Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.
- 19 Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
- 20 Універсальний мульчувач соломи УМС-170. URL: <https://astartat.com.ua/ua/izmelchitel-solomy-ums-170> (дата звернення: 12.09.2024).
- 21 Фрезерний подрібнювач кореневих та листостеблових залишків: пат. 29342, Україна, МПК А 01 В 33/00; № 200710230, заявл. 14.09.07, опубл. 10.01.08, бюл. №1.
- 22 Харківський тракторний завод. URL: <http://xtz.ua/ua/kolisni-tractory/xtz-150k-09-172.html> (дата звернення: 24.10.2024).
- 23 Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.
- 24 Шевчук Р.С., Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: *Метод. рекомендації* Львів. ДАУ. Львів, 1994. 27 с.