

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)
Андрій ВОЙТІК
 (підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

тема роботи **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО
ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208

«Агроінженерія»

Костенко П.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **Андрій ВОЙТІК**
“ ____ ” _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

студенту _____ **Костенко Павлу Павловичу** _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування параметрів комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту» _____

керівник роботи _____ **Кутковецька Т.О., к.е.н., доцент** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
“ 04 ” листопада 2024 р. № 01-06/297

2. Строк подання студентом роботи _____ 22.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: навчальна, наукова та періодична література за темою роботи; напрацювання науковців щодо конструкцій робочих органів комбінованих машин для поверхневого обробітку ґрунту. _____

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; аналіз систем обробітку ґрунту та робочих органів для їх виконання; теоретичні та експериментальні дослідження робочих органів комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту; охорона праці; економічна ефективність впровадження у виробництво наукової розробки. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження;

РЕФЕРАТ

Костенко П.П. Обґрунтування параметрів комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2024: пояснювальна записка на 68 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 24 рисунки, 13 таблиць, 20 джерел літератури).

Дипломна робота присвячена підвищенню якості та зменшенню енергоємності процесу обробітку ґрунту шляхом обґрунтування параметрів і удосконалення робочих органів роторної розрихлювально-сепаруючої машини.

Розглянуто результати дослідження технологічного процесу обробітку ґрунту, конструкторсько-технологічні схеми та параметри робочих органів ґрунтообробної комбінованої машини для поверхневого обробітку ґрунту.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обробітку ґрунту та параметри ґрунтообробних робочих органів.

Предмет дослідження – параметри процесу комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту.

Мета роботи – підвищення якості та зменшення енергоємності процесу обробітку ґрунту шляхом обґрунтування параметрів і розробки нових робочих органів.

Ключові слова: ҐРУНТООБРОБНА МАШИНА, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, СЕПАРУЮЧА РЕШІТКА, РОТОР, РОБОЧИЙ ОРГАН.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ.....	7
1.1. Аналіз систем обробітку ґрунту та робочих органів для їх виконання.....	7
1.2. Аналіз рішень спрямованих на зниження енергоємності та підвищення якості обробітку ґрунту.....	15
1.3. Мета і завдання дослідження.....	19
Висновки по розділу.....	20
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1. Обґрунтування технологічного процесу роботи.....	21
2.2. Обґрунтування параметрів розрихлювально-сепаруючих робочих органів.....	22
Висновки по розділу.....	34
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	35
3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.....	35
3.2. Опис експериментальної установки.....	36
3.3. Визначення гребенистості поверхні ґрунту після проходження серійної та експериментальної лапи.....	39
3.4. Визначення впливу параметрів ґрунтообробної машини на якісні показники її роботи.....	43
Висновки по розділу.....	55
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
4.1. Організація й заходи з охорони праці в господарстві.....	57
4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі з комбінованим агрегатом.....	58
Висновки по розділу.....	59
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Собівартість продукції більшою мірою визначається технологіями її виготовлення. У сучасному сільському господарстві використовуються технології, у яких витрати палива на одиницю площі вирощування сільськогосподарських культур коливаються у великих межах. Тому в умовах ринку конкурують не окремі машини, а технології. Впровадження у виробництво енергозберігаючих технологій неможливо без забезпечення їх відповідними засобами механізації, науково-технічне обґрунтування яких і має визначити напрямки розвитку сільгоспмашинобудування України.

Сучасні світові тенденції на отримання екологічно чистої продукції вимагають відмови від хімічних засобів боротьби з бур'янами. Робочі органи ґрунтообробних машин не забезпечують раціонального впливу на ґрунт з точки зору агрономічної науки та екологічних вимог. Тому, для вдосконалення процесів обробки ґрунту необхідний комплексний підхід до питань зменшення руйнування робочими органами машин і знарядь структури ґрунту та розробки технологічних процесів, що забезпечують оптимізацію його агрофізичних властивостей.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ

1.1. Аналіз систем обробітку ґрунту та робочих органів для їх виконання.

Обробіток ґрунту є найважливішим прийомом в системі традиційних технологій вирощування зернових культур. Технології обробітку ґрунту відрізняються окремими параметрами, отже, і видами застосовуваних машин і знарядь.

При використанні полицевої технології основний обробіток ґрунту виконують плугами [17]. Цей спосіб обробітку передбачає обертання шару ґрунту та забезпечує глибоке підрізання бур'янів, якісне закладення в ґрунт пожнивних решток, добрив та ін. У той же час сприяє кришінню ґрунту, поліпшенню водного, температурного та повітряного режимів.

Основний обробіток є найбільш енергонасиченим з усього спектра обробітків полицевої системи обробки ґрунту, так як виконується на глибину до 30 см. Наступні обробітки спрямовані на підготовку поораного поля до посіву. Після проходу плуга створюється велика нерівномірність поверхні поля та велика кількість брил значних розмірів й підвищеної твердості [2], тому для їх розробки використовується цілий спектр ґрунтообробних машин: борони, вирівнювачі, культиватори, катки й ін.

Ряд досліджень показують, що численні механічні обробітки в значній мірі сприяють знищенню бур'янів та ущільненню ґрунту, який, в свою чергу, потребує подальших обробітків. З цього приводу В.Ф. Пащенко робить висновок, що чим більше ґрунт обробляється, тим більше потребує обробітків [12].

Доцільність безполицевого обробітку ґрунту під посів озимих доведена багаторазовими дослідженнями, а також виробничим досвідом і знаходить широке застосування на практиці [16, 20]. Технологія передбачає глибокий чизельний або плоскорізальний обробіток ґрунту на ту ж глибину, що й оранка без обертання шару ґрунту. Вивчався вплив способу обробітку ґрунту під посів озимих після стерньових і не стерньових попередників на якість кришення шару ґрунту [5]. Порівнювалася

оранка на глибину 20–22 см і різні способи поверхневого обробітку на глибину 8–10 см. Найбільша кількість великих грудок розміром більше 25 мм містила зорана земля (34,6%) і оброблена плоскорізом (40,4%). При цьому брили після оранки в подальшому дробилися значно важче, ніж після плоскорізального обробітку. При безполицевому способі основного обробітку ґрунту під сою лемішними луцильником ПЛ-5-25, дисковою бороною БДТ-3 і плоскорізом КППГ-250 небезпечних дрібних частинок розміром менше 1 мм в обробленому шарі було відповідно на 2,1% і 9,4% більше, ніж при оранці. Проведені дослідження способів обробітку ґрунту в тривалому стаціонарному сівозміні показали, що в варіантах полицевої оранки з різними схемами внесення добрив кількість небезпечних частинок в оброблюваному ґрунті склало 8,03%– 8,59%. У варіантах із застосуванням плоскорізів і дискових знарядь кількість таких грудочок ґрунту знаходилося в межах 5–7%. Чизелювання на глибину 20–45 см використовують як основний обробіток ґрунту замість полицевої оранки лемішними плугами, а також для обробітку ґрунту на парах. Смугове чизелювання виконують на глибину до 60 см замість щілювання для боротьби з водною ерозією на схилах, а також для покращення пасовищ [13].

Наступні поверхневі обробітки спрямовані на вирівнювання поверхні поля після основного обробітку та займають в даній системі менший відсоток, так як шар ґрунту, який оброблявся, зазнав менше переміщення в просторі і не перекидався. Отже, поверхня поля після проведення обробітку ґрунту в безвідвальній системі залишається більш вирівняною, ніж при проведенні оранки.

Безполицева система обробітку використовується на ґрунтах легкого і середнього механічного складу в умовах нестачі вологи та необхідності збереження стерні на поверхні поля. Стерня забезпечує більш якісне снігозатримання взимку та захист від вітрової і частково водної ерозії. Але при роботі на важких ґрунтах після проходження подібних знарядь ґрунт сильно переущільнюється [6].

При вивченні способів основного обробітку ґрунту було виявлено, що використання безполицевих знарядь, в порівнянні з полицевими плугами, призводить до збільшення щільності орного шару. Різниця в щільності зберігається

протягом усього періоду вегетації розвитку рослин, але при цьому величина рівноважної щільності не виходить за межі оптимуму [20].

Аналізуючи дослідження [5, 6], можна зробити висновок, що використання безполицевого обробітку ґрунту частково компенсує недоліки традиційної полицевої системи у результаті зменшення енерговитрат, збільшення продуктивності виконання операцій з основного обробітку, зменшення втрати вологи й органічної речовини [10]. Однак при недостатніх заходах боротьби з бур'янами поля засмічуються та через недостатню міру кришіння ґрунту зростають енерговитрати на операції поверхневого обробітку. У зв'язку з цим в останні роки інтерес сільськогосподарських виробників до безполицевої системи обробітку ґрунту значно знизився.

Сільськогосподарські машини, які використовуються в безполицевій системі обробітку ґрунту призначені для глибокого розпушування шару ґрунту та виконують завдання підвищення якості кришіння шару ґрунту. Саме до таких відносяться машини в яких плоскорізальні робочі органи встановлені один за одним, але на різних ярусах обробітку, що забезпечує високу ступінь кришіння шару по всій глибині обробітку [15].

Безполицева технологія має недоліки, які є перешкодою для більш широкого її застосування, ними є: 1) багатоопераційність; 2) енерговитратність; 3) низька якість робіт.

Сучасна наука рекомендує виробництву застосування мінімальної ґрунтозахисної системи обробітку ґрунту шляхом зменшення глибини обробітку, кількості механічних обробітків або об'єднання ряду технологічних операцій.

Мінімальна система обробітку, базується на застосуванні плоскорізальних ґрунтообробних знарядь, сприяє раціональному використанню опадів, особливо в посушливих умовах; зменшення мінералізації гумусу, зниження енерговитрат на обробку ґрунту, та, зрештою, забезпечує високий ґрунтозахисний ефект від водної та вітрової ерозії. При мінімальному обробітку збільшується продуктивність праці за рахунок застосування широкозахватних машин та знарядь.

Основним завданням комплексів машин для енергозберігаючих технологій є зменшення деградації ґрунтів за рахунок зниження інтенсивності та глибини обробітку ґрунту. В умовах наявності оптимальної щільності як у над насіннєвому, так і в кореневих шарах ґрунту відкриваються можливості для застосування технології «No till», яка базується на використанні сівалок прямого посіву. Технологія процесу роботи сівалок прямого посіву включає мульчування поверхневого шару ґрунту на глибину загортання насіння, рядковий або смуговий посів насіння, внесення добрив та прикочування ґрунту з метою усунення недоліків його кришіння. Боротьба з бур'янами та падалицею проводиться хімічними методами [6].

Технології «No till» є найбільш енергозберігаючими і в порівнянні з традиційними можуть забезпечити 70–75% економії палива, зниження витрат праці – на 59–82%, зменшення прямих експлуатаційних витрат – на 56–69% [6].

Найбільший ресурсозберігаючий та ґрунтозахисний ефекти досягаються шляхом застосування комбінованих агрегатів та знарядь, які сприяють тривалому збереженню післяжнивних залишків на поверхні ґрунту [8].

«Нульовий» обробіток представляє собою утримання ґрунту мульчуваного рослинними залишками в непорушеному стані протягом усього року. Для сівбі нарізають у ґрунті щілині, у які вкладається насіння. Застосовується у зонах посушливого, недостатнього та нестійкого зволоження. На всіх сівалках для використання у технологіях «No till» встановлюються пресові колеса для ущільнення ґрунту. Наприклад, фахівці університету штату Північна Дакота (США) рекомендують проводити посів озимої пшениці (при «нульовому» обробітку) у стерньові залишки ячменю, льону, висота яких становить 15,2–20,3 см, а також у рослинні залишки сої, соняшнику, гороху, пшениці. При висіві пшениці по пшениці підвищується ступінь захворюваності рослин [6].

Існує багато наукових обґрунтувань про можливість повної відмови від великої кількості механічних обробіток та багато способів мінімізації обробітку ґрунту, але всі основні заходи зводяться до наступного: 1) використання гербіцидів;

2) застосування широкозахватних агрегатів; 3) застосування комбінованих агрегатів; 4) фрезерування ґрунту.

З перерахованих способів мінімізації обробітку ґрунту пріоритетний напрямок набрало застосування комбінованих ґрунтообробних машин і агрегатів. Останні мають високу продуктивність, дешеві у використанні, не порушують агротехнічних вимог і сприяють зниженню термінів виконання технологічних операцій. Розділяють три основні типи комбінованих машин і агрегатів: 1) агрегат комплектується з декількох, послідовно з'єднаних простих машин, кожна з яких виконує свою операцію; 2) послідовно встановлюються на одній рамі різні робочі органи для виконання технологічного процесу; 3) машини зі спеціальними комбінованими робочими органами.

Широкого поширення набули комбіновані ґрунтообробні машини типу «Європак, до робочих органів яких відносяться Вирівнювачі, S-подібні лапи і ротаційні подрібнювачі грудок. Використання даних машин у виробництві дозволяє об'єднати від двох до шести операцій і знизити на 20–40% витрати палива на передпосівну підготовку ґрунту. Агрегати, складені на основі комбінації одноопераційних знарядь, хоча і мають деякі переваги, не виправдовують себе через свою громіздкість, нестійкості руху в прямолінійному напрямку і невідповідності їх ширини захвату. Посівні машини, з встановленими на одній рамі робочими органами сівалки і ґрунтообробних знарядь, виконані у вигляді лап або дисків, менш громіздкі.

Застосування на комбінованих машинах активних робочих органів дозволяє за один прохід агрегату забезпечити високу якість обробітку ґрунту. Такі машини, як правило, складаються із фрез та робочих органів сівалки. Однак широкого поширення машини з активними робочими органами не отримали через велику енергоємність та ненадійність в роботі. Останнє пояснюється великими витратами енергії на відкидання ґрунту фрезами, які в загальних витратах енергії складають від 30 до 70%. Зниження енергоємності комбінованих машин з активними робочими органами може бути отримано при смуговому обробітку ґрунту. Такі машини створюються на основі просапних фрез і сівалок. Передпосівний обробіток

грунту звичайними знаряддями супроводжується перерозподілом дрібних та великих частинок за глибиною оброблюваного шару [5]. Робочі органи знарядь, переміщаючись у ґрунті, виштовхують великі грудочки на поверхню, а дрібні просипаються донизу. Зі збільшенням кількості обробітків перерозподіл часток ґрунту, тобто його сепарація за глибиною обробітку, посилюється [2]. При цьому багаторазові обробітки ґрунту перед посівом призводять до збільшення числа великих частинок ґрунту у зоні загортання насіння, що є небажаним.

Перерозподіл часток ґрунту за глибиною посівного шару поліпшується у тому випадку, коли робочі органи знарядь закріплені на рамі за допомогою пружин-вібраторів або на пружних стійках [7]. Вібрація робочих органів призводить до того, що дрібні частинки ґрунту більш інтенсивно просипаються донизу, а на поверхню виштовхуються більші її фракції. Однак приведені види робочих органів для фракційного перерозподілу ґрунту за глибиною посівного шару також не гарантують видалення всіх великих грудок із зони заробляння насіння.

Для фракційного перерозподілу ґрунтових частинок застосовується багатокорпусний плуг з пристроєм для просіювання грудок ґрунту під відвал (рис. 1.1–1.2).

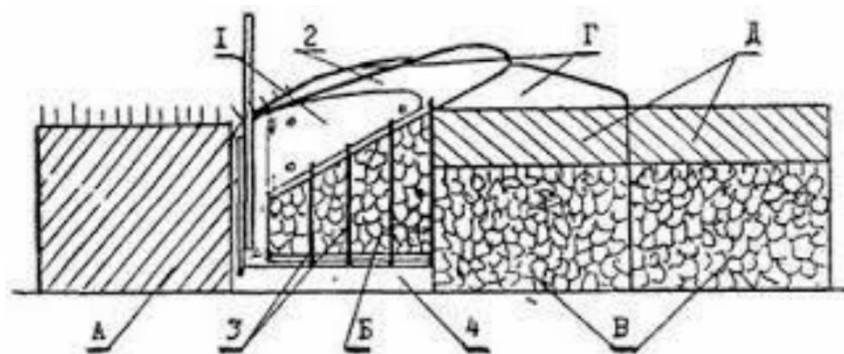


Рисунок 1.1 – Технологічний процес оранки з просіюванням дрібних грудок та частинок ґрунту під відвал: А – ґрунтовий шар для корпусу – неораний;

Б – ґрунтовий шар у корпусі при оранці; В – ґрунтовий шар після проходження корпусу; Г – верхня частина шару при його обороті на відвалі; Д – перевернутий верхній шар; 1 – корпус плугу; 2 – відвал; 3 – просіювальний пристрій (стрижні);

4 – леміш [14]

Оранка таким плугом здійснюється так само, як й серійним, але ґрунтовий шар, пройшовши леміш 1 (він трохи вужче, ніж у серійного плуга), просівається між стрижнями, а решта маси дробиться нижньою кромкою 4 відвалу 3 та по ньому звальюється у попередню борозну. На гвинтових відвалах залишки ґрунту обертаються. Стійкість прямолінійного руху плугу підтримується ребрами (лижами) 5, встановленими замість крайніх стрижнів на кожному корпусі з'єднують по кінцях леміш з відвалом. Передній кінець першого лемеша черенковим ножом 6 зв'язаний з рамою 2 плугу.

Для виконання такого способу обробітку ґрунту можна використовувати плуг з поверненими лемешами (див. рис. 1.2), але із заміною вставки між лемешами та відвалами пружними стрижнями 7, розташованими із просвітом між ними та по ходу шару ґрунту на корпусах плугу.

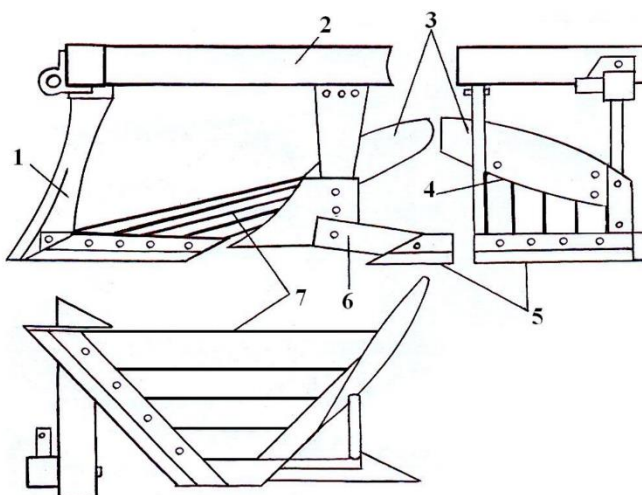


Рисунок 1.2 – Багатокорпусний плуг з пристроєм для просіювання дрібних грудок та частинок ґрунту під відвал: 1 – леміш (сито); 2 – рама; 3 – відвал; 4 – нижня кромка відвалу; 5 – лижа; 6 – черенковий ніж; 7 – пружні стрижні [14]

Перевагою запропонованого способу обробітку ґрунту є його ґрунтозахисні та енергозберігаючі властивості, а для плуга – поліпшення його агротехнологічних якостей оранки. Це забезпечує:

- збереження дрібних частинок ґрунту у місцях розпушування шляхом опускання їх на дно борозни за лемешем після підйому та кришіння;

– економію енергії, тому що вона не витрачається на підйом дрібних грудок на відвали та їх подрібнення, при цьому не відкидається і не несеться вітром ґрунтовий пил;

– зменшення можливості утворення плужної підшови – плуг буде підніматися стрижнями та відвалами, спираючись на дрібні грудки, які просипались між стрижнями та пройшли під відвалами, тим самим протидіючи силі заглиблення плугу лемешами у ґрунт;

– краще подрібнення ґрунтового шару за рахунок різних умов руху його частин, при яких лівий край проходить на корпусі більший шлях, правий край – менший, у результаті чого пласт деформується, дрібні грудки просипаються, а великі – додатково кришаться на відвалі, зсуваючись по ньому вбік. Крім того, краще подрібнення забезпечується ще й тим, що шар, піднятий та розколотий лемешем, дробиться ще і нижньою кромкою відвалу;

– зниження опору плугу з поверненими лемешами за рахунок зменшення сили бокового тиску його польової дошки на стінку борозни, що покращує прямолінійність руху агрегату, і навіть на твердих ґрунтах тиск направляється в протилежну сторону у порівнянні з серійним плугом (у борозну). В результаті зменшується поворот (відведення) трактора і створюється можливість становити асиметричні орні агрегати з малопотужними тракторами без порушення стабільності їх прямолінійного руху.

Менш енергоємними і більш надійними в роботі є комбіновані ґрунтообробні машини з активно-пасивними робочими органами. Прикладом використання такої машини є КПР-3,2.

Застосування на комбінованій машині активного робочого органу (ротора) дозволяє за один прохід агрегату забезпечити високу якість обробітку ґрунту. А взаємодія активно-пасивних робочих органів дозволяє поліпшити якість кришіння шару ґрунту з одночасним зниженням енергетичних витрат. Активні робочі органи подрібнюють шар ґрунту, який підрізний та піднятий сегментним брусом, переміщаючи ґрунт по сепаруючій решітці, перерозподіляючи його за структурою, тим самим забезпечують у зоні загортання насіння дрібно грудкувату структуру.

В процесі роботи комбінованої ґрунтообробної машини КПР-3,2 близько 30% від загальних витрат енергії витрачається на привід ротора.

Профіль дна борозни після проходу машини має пиловидну форму з висотою нерівностей до 3 см. Тому ця машина не призначена для роботи на щільних ґрунтах, а отже, її використання у таких випадках стає малоефективним.

У зв'язку з зазначеними недоліками машини КПР-3,2 необхідно модернізувати підрезаюче-підйомні робочі органи з метою усунення перерахованих недоліків та створення умов для використання зазначеної машини на щільних попередньо необроблених ґрунтах у різних системах обробітку ґрунту. Параметри ножа ротора повинні бути обґрунтовані з урахуванням зниження розкидання грудок ґрунту ротором, виключення можливості заклинювання ґрунту між ножем та прутками у момент входу його у сепаруючу решітку, та мінімальними витратами енергії на його роботу.

1.2. Аналіз рішень спрямованих на зниження енергоємності та підвищення якості обробітку ґрунту.

Дослідженням процесу взаємодії з ґрунтом робочих органів сільськогосподарських машин займалися В.П. Горячкін, П.М. Василенко, А.С. Кушнар'ов, В.Ф. Пащенко, В.М. Сало та ін. Однак, незважаючи на значний накопичений обсяг теоретичних та експериментальних робіт, багато питань, що стосуються як суті технологічного процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом, так і вибору їх оптимальних параметрів з урахуванням умов та особливостей роботи, вивчені ще недостатньо.

Певною мірою протиріччя в рекомендаціях проявляється в результаті принципово різного підходу до пошуку оптимальних рішень щодо обґрунтування форми та параметрів ріжучих елементів робочого органу. Так, в роботах Е. Дінгера та І. Рат'є розглядаються закономірності процесу різання ґрунту вертикальними сталевими листами (елементарними профілями), ґрунтуючись на теорії механіки сипучого середовища з урахуванням допущення Кулона про те, що тіло «випора» зберігає під час витіснення ножем свою форму [5]. У цих роботах розкриті такі

фізичні особливості процесу, як утворення ґрунтового наросту (ущільненого ядра) на ножі та наявність критичної глибини для розрихлювального ножа, наводиться формула для визначення сили різання P вертикального профілю:

$$P = E + 2T + K, \quad (1.1)$$

де E – зусилля, необхідне для подолання сили тяжіння тіла «випора»; T – зусилля, необхідне для подолання тертя ґрунту по бокових поверхнях ножа; K – зусилля зсуву у ґрунтовому масиві.

В результаті досліджень встановлено, що для зниження енергоємності розпушування ґрунту необхідно забезпечити його деформацію переважно розтягуванням і зрушенням з мінімальною швидкістю змінно-спрямованих деформацій. Отримано поздовжню форму поверхні розпушувального елемента, в якому увігнутий профіль в передній його частині поступово переходить до заднього його обрізу в опуклий. Однак дослідження, що базуються в своїй основі на теорії міцності і руйнування матеріалів (теорії Мора-Кулона) не дають достатньо достовірних результатів стосовно швидкісних ґрунтообробних машин. У цих роботах підхід до силової взаємодії робочих органів з ґрунтом заснований на принципі стійкості підпірних стінок (теорія граничної рівноваги ґрунтів) при цьому динамічний вплив на робочий орган не розглядається.

Також застосування знаходять аналітичні методи досліджень взаємодії робочих органів розпушувального типу з ґрунтом. При цьому ряд дослідників використовують методи подібності та математичного моделювання, засновані на використанні реологічних моделей. Питання про вибір ґрунтової моделі є важливим, тому що ґрунт, як об'єкт обробітку, веде себе по різному в залежності від умов. В одних випадках його можна розглядати як тверде тіло, що здатне до деформації, в інших – як сипучу і пластичну середу. У будь-якому випадку вибір моделі буде вельми умовним, тому що фізична сутність явищ, що протікають при руйнуванні ґрунту складна. Вибір складних реологічних моделей, що найбільш повно відображає властивості реальних ґрунтів, ускладнюється складністю визначення (дослідним шляхом) реологічних констант і тому проводиться найчастіше з формальних міркувань (як комбінації простих реологічних моделей).

Реологічні моделі, як правило, використовують для якісного аналізу. Кількісну оцінку параметрів процесу обробітку ґрунту зазвичай проводять, використовуючи найбільш прості властивості реальних тіл, вибір яких хоча і проводиться з певними припущеннями, але дозволяє забезпечити аналітичне рішення різних практичних завдань з достовірністю, що відповідає сучасному стану науки. При дослідженні процесу руйнування ґрунтів вони розглядаються в більшості випадків як лінійно-деформоване середовище. У роботах Балабанова У.М. відзначається істотний вплив лобового профілю розпушувального робочого органу на його залипання та тяговий опір. Приймаючи допущення про те, що лобовий профіль може бути представлений як гнучка нитка, елементи якої знаходяться під впливом зовнішнього горизонтального тиску і внутрішніх сил натягу, Балабанов У.М. запропонував рівняння, що аналітично описує форму лобового профілю:

$$dy' = \frac{1}{\beta} \cdot f(x) \cdot dx, \quad (1.2)$$

де β – коефіцієнт, що визначається дослідним шляхом; $f(x)$ – закономірність зміни питомого опору ґрунту за глибиною обробітку.

Морозов П.О. вважає, що необхідну форму направляючої кривої $y=y(x)$ можна отримати, задаючи різні закони зміни $\varphi(x)$. Однак рекомендації щодо визначення $\varphi(x)$ і за попередніми оцінками необхідної форми кривої $y=y(x)$ їм не наводяться. Відсутні також рекомендації по методиці визначення сили натягу T умовної нитки. Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених обґрунтуванню параметрів розпушувальних робочих органів питання вибору раціональної геометрії ще не вирішено.

У дослідженнях В.Ф. Пащенко [12] було відзначено, що якість виконуваних робіт і кількість енергії, що витрачається на одиницю площі залежить перш за все від геометричного профілю робочої поверхні виконуючого органу. Також було встановлено, що показники якості та енергоємності обробітку ґрунту визначаються типами і параметрами робочих органів, режимами роботи, агрофізичними властивостями ґрунту. Відділення шару ґрунту від моноліту відбувається шляхом

зсуву або відриву перебуваючи в прямій залежності від типу, та фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Узагальненими показниками фізико-механічних властивостей ґрунтів та енергоємності при обробітку ґрунту можуть бути: тиск ґрунту на поверхню робочого органу, коефіцієнт тертя робочого органу об ґрунт. Ці показники можливо формалізувати при складанні енергетичних функціоналів. Клас допустимих функцій визначається виходячи з параметрів обробітку ґрунту, конструктивно-функціональних показників ґрунтообробних машин і знарядь. Якщо завдання не визначає жорстких вимог до граничних умов ґрунту, то його доцільно розраховувати за допомогою методів варіаційного числення з плаваючими межами. Це дозволяє знайти найбільш раціональний профіль робочого органу з точки зору збереження енергії при операції обробітку ґрунту [4].

Методика складання математичних моделей взаємодії робочого органу з ґрунтом у двовірному вимірі на підставі використання прямого варіаційного обчислення складається з етапів:

- побудови схеми сил на робочий орган та вибір системи розрахунків;
- визначення закономірності розподілу питомого опору ґрунту на поверхню робочого органу:

$$q=f_1(x, y, y'), \quad (1.3)$$

- складання енергетичного функціоналу:

$$J = \int_{\Omega} F(q, x, y, y') d\Omega; \quad (1.4)$$

- вигляд кривої, яка описує профіль робочого органу та задовольняє кінцевим умовам у вигляді поліному:

$$y = y'_0 x + \frac{x^2 (y_k - x_k y'_0)}{x_k^2} + C_1 x (x - x_k) + C_2 x^2 (x - x_k) + \dots + C_n x^n (x - x_k), \quad (1.5)$$

де $C_1 \dots C_n$ – коефіцієнти.

Функціонал для визначення тягового опору робочого органу:

$$R_x = \int_0^{X_c} \int_0^{y_{c0}} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_A}^{x_B} \int_{y_{c0}}^{y_{c1}} (q_x + dF_x) dx dy + \int_{x_B}^{x_A(x_A-x)} \int_0^{y_{c2}} (q_x + dF_x) dx dy, \quad (1.6)$$

де x_c ; y_c ; x_B ; x_A – координати точок; γ_1 ; γ_2 – кути між осями OX та лініями OC та A_1B_1 .

Конструктивні параметри ґрунтообробних робочих органів істотно впливають не тільки на енергоємність процесу, а й на якість обробітку. На додаток до цього можна зробити висновок про те, що завдання вибору та оптимізації геометричних параметрів робочих органів має вирішуватися окремо для кожного конкретного випадку, тобто для конкретного типу і конкретних умов їх роботи.

Аналіз результатів досліджень показує досить високу ефективність використання варіаційного обчислення для рішень завдань спрямованих на зниження енергоємності та підвищення якості розпушування ґрунту, що дає підставу говорити про великі можливості та перспективи даної методики.

Тому, одним із завдань цієї дипломної роботи стало обґрунтування параметрів робочих органів, що забезпечують підйом та подачу ґрунту до розрихлювально-сепаруючого пристрою, та обґрунтування форми ножа ротора з врахуванням узагальнених показників фізико-механічних властивостей ґрунтів та енергоємності з допомогою методу варіаційного обчислення.

1.3. Мета і завдання дослідження.

Якість виконання поверхневого, основного та передпосівного обробітку ґрунту визначається не тільки глибиною, гребенистістю поверхні, закладенням пожнивних залишків та брильністю, але також і структурним складом шару ґрунту, що обробляється. Останній параметр на пряму пов'язаний з фізичними, фізико-механічними та реологічними (пластичними) властивостями ґрунту. Його величина в оброблюваному шарі повинна відповідати вимогам культур, що висіваються. Отже, і шар ґрунту, що обробляється повинен бути диференційований за ключовим параметром – структурним складом.

У зв'язку з цим, метою роботи є підвищення якості (створення найбільш сприятливих умов для наповнення та збереження вологи у ґрунті, очищення полів від бур'янів) з одночасним зниженням витрат енергії на обробіток ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз існуючих технологій та способів оптимізації фізико-механічного стану ґрунту;
- обґрунтувати технологічний процес та параметри робочих органів ротора;
- провести експериментальні дослідження по визначенню достовірності результатів теоретичних досліджень;
- вивчити вплив параметрів робочих органів на якісні показники роботи у різних умовах використання;
- визначити економічну ефективність від впровадження наукової розробки.

Висновки по розділу.

За проведеними дослідженнями в першому розділі можна зробити наступні висновки:

1. Засоби механізації для обробітку ґрунту у полицевій, безполицевій, мінімальних та нульових системах забезпечують необхідні умови для вирощування сільськогосподарських культур. Однак для створення близьких до оптимальних параметрів фізико-механічного стану ґрунту, а також для боротьби з бур'янами необхідно проводити відносно велику кількість механічних обробіток та вони не виключають використання гербіцидів для очищення полів.

2. Для отримання дрібно грудкуватої структури ґрунту у зоні розташування насіння не обов'язково інтенсивно його кришити та тим самим збільшувати енергоємність процесу. Необхідна структура може бути отримана при суміщенні операції кришіння ґрунту та фракційного його розподілу за глибиною обробітку.

3. Аналіз результатів досліджень показує досить високу ефективність використання варіаційного обчислення для вирішення завдань спрямованих на зниження енергоємності та підвищення якості розпушування ґрунту.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обґрунтування технологічного процесу роботи.

Інтенсивність обробітку ґрунту, активно сприяє погіршенню фізико-механічних та інших його властивостей, що неминуче призводить до зниження врожайності і підвищення витрати енергії на отримання продукції. Тому, при розробці сучасної техніки та технологій необхідно враховувати важливість збереження родючості ґрунтів.

Виходячи з проведеного аналізу машин та знарядь для обробітку ґрунту встановлено, що для оптимізації фізико-механічного стану шару ґрунту, що обробляється може бути використана ґрунтообробна машина для сепарації ґрунту за структурним складом.

Недоліком існуючої машини є те, що робочий орган для підрізання та подачі ґрунту до розрихлювально-сепаруючого пристрою не забезпечує необхідну заглибленість у попередньо необроблений ґрунт.

Робочі органи для підрізання та підйому ґрунту пропонується розробити на базі плоскоріжучих стрілчастих лап сівалки прямої сівби.

Кінці крил вказаних лап загнути під кутом 90^0 щоб зменшити зміщення ґрунту у боки, та відстань між ними, розташувати в один ряд, що істотно спростить конструкцію сепаруючого пристрою.

Для забезпечення необхідної заглибленості робочих органів у щільний ґрунт пропонується використовувати наральник у передній частині стрілчастої лапи від чизельного робочого органу, який розташований під кутом до горизонту.

Для забезпечення мінімальної енергоємності процесу роботи пропонується теоретично обґрунтувати та застосувати наральник мінімального тягового опору, а також ніж ротора що забезпечує мінімальні витрати енергії на його роботу, та високу якість механічної обробки ґрунту.

Під час руху технічного засобу (рис. 2.1), наральник 1, встановлений на стрілчастій лапі 2 встановлений на стійці 3 закріплений на рамі 6, забезпечує

заглиблення в ущільнений шар ґрунту. Підрізаний стрілкою лапою 2 ґрунт піднімається, частково кришиться, загнуті кінці лапи не дають сходити ґрунтові з робочого органу у боки. Стрілчаста лапа (леміш) 2, забезпечує підйом шару ґрунту, який піднімаючись, частково кришиться, утворюючи ґрунтове ядро перед лемешем, та рухається, потрапляючи на сепаруючу решітку 5.

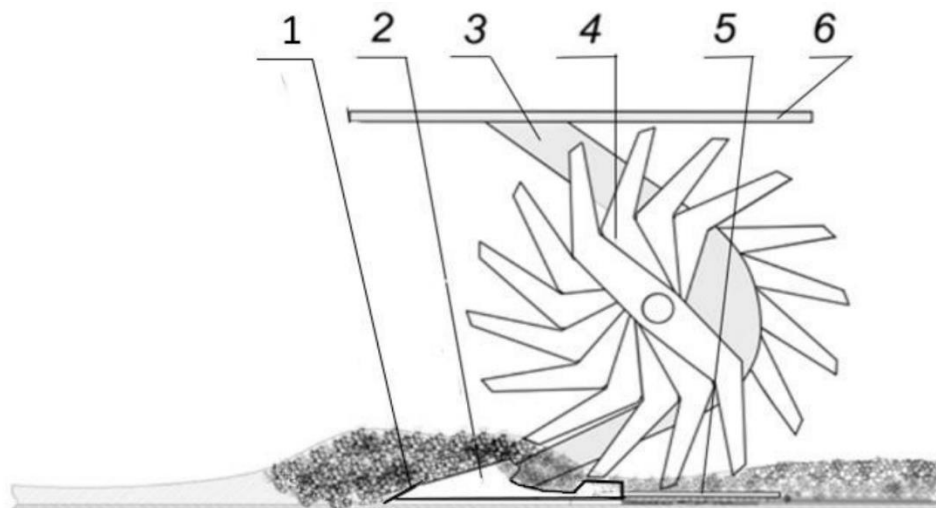


Рисунок 2.1 – Принципова схема технічного засобу: 1 – наральник; 2 – леміш; 3 – стійка; 4 – робочий орган ротора; 5 – сепаруюча решітка; 6 – рама

Ножі ротора 4 захоплюють ґрунт, кришать та переміщують його по решітці. Дрібні грудки проходять через зазори сепаруючої решітки, при цьому на поверхню ґрунту викидаються великі грудки, пожнивні залишки, та рослини з коренем, в тому числі й кореневища бур'янів. У результаті відбувається сепарація оброблюваного шару ґрунту, розшарування його за структурним складом, знищення бур'янів шляхом їхнього механічного вичісування з оброблюваного шару, а на поверхні утворюється мульчований шар [18].

2.2. Обґрунтування параметрів розрихлювально-сепаруючих робочих органів.

Обґрунтування форми ножа ротора, що забезпечує мінімальні витрати енергії на його роботу.

В процесі роботи ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини близько 30% від загальних витрат енергії витрачається на привід ротора. Одним з

основних факторів, що визначають енергоємність роботи ножа ротора є профіль його робочої крайки. При взаємодії ножа ротора з ґрунтом крутильний момент не є величиною постійною та змінюється за часом залежно від положення щодо сепаруючої решітки. Аналіз роботи показав, що крутильний момент досягає найбільшої величини при максимальному зануренні його в ґрунт, тобто в момент входу його у проміжки сепаруючої решітки.

Завдяки вирішенню цієї задачі за допомогою методу прямого варіаційного обчислення був обґрунтований профіль ножа, що забезпечує мінімальне значення крутного моменту тільки у певних положеннях [4]. Обґрунтований профіль ножа ротора забезпечує найкращі умови для транспортування ґрунту у початковий момент входження його у ґрунт та мінімальні витрати енергії на його привід.

Однак отримана форма робочої крайки ножа не забезпечує мінімальної витрати енергії на роботу як окремого ножа, так й ротора у цілому. Найбільш повним показником роботи ножа ротора є витрати енергії на виконання одного повного циклу, тобто одного обороту ножа [3].

На ніж ротора діє нормальна сила тиску ґрунту qdl , сила тертя ґрунту о його ріжучу кромку qdl , сила тертя об бічну поверхню (рис. 2.2). Величина елементарного крутного моменту ротора визначається, відстанню від поверхні ґрунту елементарної площадки, радіусом ротора, кутом між напрямком дії нормальної сили та перпендикуляром до радіусу обертання сили, силою тертя елементарної площадки, радіусом обертання елементарної площадки [4].

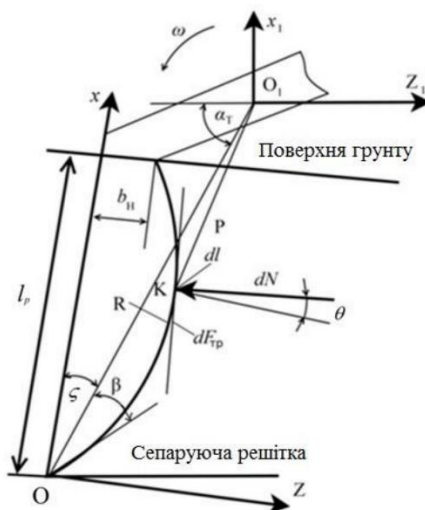


Рисунок 2.2 – Сили діючі на ніж ротора [4]

Для визначення крутного моменту на привід одного ножа ротора скористалися результатами відомих досліджень [11]. З урахуванням того, що $Z = f(x)$, $Z' = \frac{dZ}{dx}$ величина елементарного крутного моменту ротора визначається із рівняння:

$$dM_0 = \frac{g\rho(1 + \operatorname{tg}^2\theta)\sqrt{1 + Z'^2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\theta}} dx, \quad (2.1)$$

де g – питомий нормальний тиск ґрунту на кромку ножа; ρ – радіус обертання елементарної площадки; θ – кут між напрямком дії нормальної сили та перпендикуляром до радіусу обертання елементарної площадки.

Питомий нормальний тиск ґрунту на кромку ножа, визначається:

$$g = Kh^{n-1}, \quad (2.2)$$

де K та n – постійні коефіцієнти, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту; h – відстань від поверхні ґрунту до елементарної площадки визначаємо [11]:

$$h = \frac{[K_1 \sin(\alpha_T + \varsigma) - \cos(\alpha_T + \varsigma)]x - [\sin(\alpha_T + \varsigma) + K_T \cos(\alpha_T + \varsigma)]Z}{\sqrt{K_1^2 + 1}} + \frac{R(\cos \alpha_T - K_1 \sin \alpha_T) + b}{\sqrt{K_1^2 + 1}}, \quad (2.3)$$

де K_1 та b – постійні коефіцієнти, що визначаються товщиною шару ґрунту на решітці та його відстань до осі обертання ротора; α_T – поточний кут повороту радіуса-вектора ($\alpha_T = \omega t$); ς – кут між віссю координат OX і радіусом-вектором; R – радіус ротора.

Радіус обертання елементарної площадки ρ , визначається із рівняння:

$$\rho = \sqrt{R^2 - 2R(x \cos \varsigma + Z \sin \varsigma) + X^2 + Z^2}. \quad (2.4)$$

Визначаємо роботу, виконану ножом ротора за одне обертання.

З урахуванням того, що процес взаємодії ножа з ґрунтом можна розділити:

а) від моменту входження ножа у ґрунт до входження у проміжок сепаруючої решітки;

б) рух ножа між проміжками сепаруючої решітки;

в) від моменту виходу ножа із решітки до виходу із ґрунту.

Рівняння набуває вигляду функціонала, який являє собою математичну модель процесу взаємодії ножа з ґрунтом у трьох фазах:

$$A = \int_{X_{n1}}^{X_{K1}} \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} dM_0 d\alpha_T dx + \int_{X_{n2}}^{X_{K2}} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dM_0 d\alpha_T dx + \int_{X_{n3}}^{X_{K3}} \int_{\alpha_2}^{\alpha_3} dM_0 d\alpha_T dx, \quad (2.5)$$

де X_{n1} , X_{n2} , X_{n3} , X_{K1} , X_{K2} , X_{K3} – початкові та кінцеві координати лінії, що визначає ріжучу кромку ножа ротора у трьох фазах його роботи; α_0 , α_1 , α_2 , α_3 – початкові та кінцеві кути повороту ножа у трьох фазах його роботи.

В результаті перетворень рівняння матиме вигляд:

$$A = \int_{X_{n1}}^{X_{K1}} B_1 B_2 \Big|_{\alpha_0}^{\alpha_1} dx + \int_{X_{n2}}^{X_{K2}} B_1 B_2 \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2} dx + \int_{X_{n3}}^{X_{K3}} B_1 B_2 \Big|_{\alpha_2}^{\alpha_3} dx. \quad (2.6)$$

Представимо рівняння кривої, яке задовольняє умови постановки задачі, у вигляді многочлена [4].

$$Z = XZ'_0 + X^2 \frac{Z_K - X_K Z'_0}{X_K^2} + X^2 (X - X_K) C_1 + \\ + X^3 (X - X_K) C_2 + X (X - X_K) C_3, \quad (2.7)$$

де Z'_0 – тангенс кута між віссю OX та дотичної до кривої у початковій його точці; C_1 , C_2 , C_3 – коефіцієнти які визначають профіль робочої поверхні; X_K , Z_K – кінцеві граничні коефіцієнти рівняння.

$$Z'_0 = \operatorname{tg}(\beta + \theta). \quad (2.8)$$

де β – кут між радіус-вектором носка ножа та дотичної до кривої в цій же точці.

Після підстановки рівняння (2.6) у (2.7) задача зводиться до знаходження значення постійних коефіцієнтів C_1 , C_2 , C_3 , що визначають форму ножа ротора, яка забезпечує мінімальну величину крутильного моменту його приводу.

Знаходимо частинні похідні від рівняння (2.6) за C_1 , C_2 , C_3 та прирівнюємо їх до нуля.

$$\frac{\partial A}{\partial C_1} = \int_{X_{n1}}^{X_{K1}} \left(\frac{\partial B_1}{\partial C_1} B_2 + B_1 \frac{\partial B_2}{\partial C_1} \right) \Big|_{\alpha_0}^{\alpha_1} dx + \int_{X_{n2}}^{X_{K2}} \left(\frac{\partial B_1}{\partial C_1} B_2 + B_1 \frac{\partial B_2}{\partial C_1} \right) \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2} dx + \\ + \int_{X_{n3}}^{X_{K3}} \left(\frac{\partial B_1}{\partial C_1} B_2 + B_1 \frac{\partial B_2}{\partial C_1} \right) \Big|_{\alpha_2}^{\alpha_3} dx = 0, \quad (2.9)$$

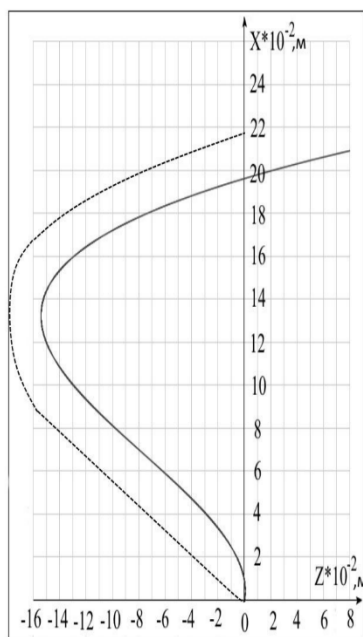


Рисунок 2.3 – Профіль робочої частини ножа ротора з мінімальними витратами енергії на його роботу

Система рівнянь вирішувалася за допомогою чисельного метода Ньютона. Розрахунки проводилися за такими значеннями:

$$R=0,73 \text{ м}; K=4000; n=199 \text{ Н/м}^2; b=-0,1; K_I=-4; f=0,5; l_p=0,2 \text{ м}; b_n=0,03 \text{ м}; \alpha_T=20^0; \zeta=12^0; Z'_o=0,9.$$

Рівняння (2.7), яке описує геометричну форму робочої кромки ножа ротора, що забезпечує мінімальні витрати енергії, запишеться:

$$Z = 0,2575 X - 30,268 X^2 + 147,4458 X^3 \quad (2.10)$$

Крива лінія, показує форму профілю робочої частини ножа ротора з мінімальними витратами енергії на його роботу (рис. 2.3).

Обводова швидкість руху ножа ротора.

Із літературних джерел відомо, що витрати енергії на привод ротора будуть мінімальними при найменших значеннях його радіусу та кутової швидкості обертання, які допускаються поступальною швидкістю руху машини та агротехнічними вимогами [8].

Дрібно-грудкова будова ґрунту у зоні загортання насіння забезпечується шляхом перерозподілу його частинок за глибиною посівного шару, що виключає необхідність інтенсивно кришити ґрунт.

Ніж ротора у момент входу у ґрунт не повинен перешкоджати руху його по сепаруючій решітці (рис. 2.4).

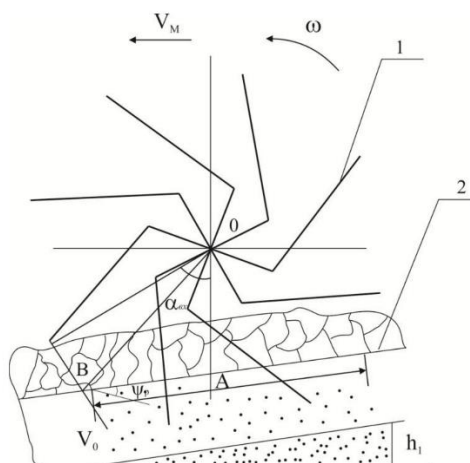


Рисунок 2.4 – Схема для визначення параметрів розрихлювально-сепаруючих робочих органів:

1 – ротор; 2 – сепаруюча решітка

Для цього повинна дотримуватися умова:

$$V'_0 \geq V_{\Pi}, \quad (2.11)$$

де V'_0 – проекція обводової швидкості руху ножа ротора на поверхню рухомої сепаруючої решітки, м/с; V_{Π} – швидкість руху ґрунту щодо сепаруючої решітки, м/с.

Виходячи з умови безперервності руху ґрунту по сепаруючій решітці, можна записати:

$$V_{\Pi} = \frac{V_M}{\cos \psi_p}. \quad (2.12)$$

При цьому: $V'_0 = V_o \cdot \cos(\alpha_{вх} + \psi_p)$,

де V_o – обвідна швидкість руху ножа ротора, м/с; ψ_p – кут нахилу сепаруючої решітки; $\alpha_{вх}$ – кут входу ножа ротора у ґрунт; V_M – поступальна швидкість ґрунтообробної машини.

Конструктивні параметри ротора.

Кут між ножами, радіус ротора, кількість ножів, геометричні параметри ножа, відстані між ножами, є конструктивними параметрами ротора, які залежать один від одного.

Мінімальний радіус ротора R вибирається з таким розрахунком, аби його ножі проходили у проміжках сепаруючої решітки по всій його робочій довжині. При цьому вісь ротора повинна розташовуватися над поверхнею ґрунту, що знаходиться на сепаруючій решітці.

Із трикутника OAB (див. рис. 2.4) маємо:

$$OB = \sqrt{OA^2 + AB^2}, \quad (2.13)$$

де при $\psi_P=0$:

$$AO = a + a_3 + a_4 + r_B - \frac{h_1}{2}, \quad (2.14)$$

$$OB = R_{\min}, \quad (2.15)$$

$$AB = \frac{l}{2}, \quad (2.16)$$

де a_3 – величина розпушеного ґрунту, м; a_4 – проміжок між поверхнею ґрунту та віссю вала ротора, м; r_B – радіус вала ротора, м; l – робоча довжина сепаруючої решітки, м; h_1 – товщина дрібногрудкуватого шару ґрунту, необхідного для покриття насіння, м.

Отже:

$$R \geq \sqrt{\left(a + a_3 + a_4 + r_B - \frac{h_1}{2}\right)^2 + \frac{l^2}{4}}. \quad (2.17)$$

Геометричні параметри ножа ротора за відомим радіусом визначаються кутами ψ , γ та β (рис. 2.5).

До однієї з задач технологічного процесу ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини входить сепарація оброблюваного шару ґрунту, розшарування

його за структурним складом. Внаслідок цього на поверхню ґрунту викидаються великі грудки ґрунту, післяжнивні залишки та рослини з коренем.

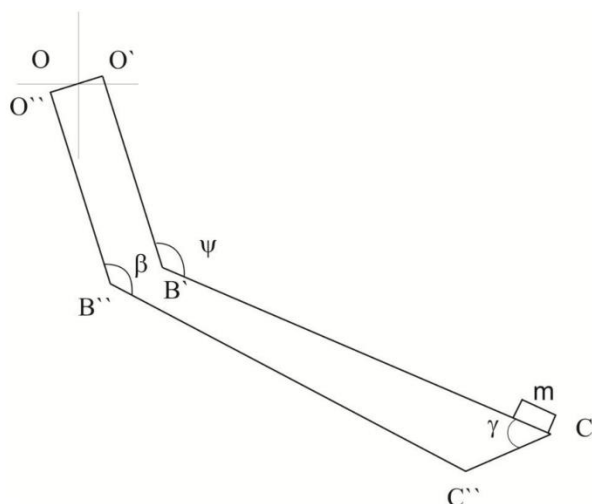


Рисунок 2.5 – Схема ножа ротора

Для досягнення останнього геометричні параметри ножа ротора при даному радіусі визначаються кутом ψ нахилу пологої дотичної до профілю ножа у найбільш не вигідному його положенні. Найменший кут нахилу дотичної до профілю ножа матимуть після виходу його з ґрунту, який переміщується по сепаруючій решітці. Для обґрунтування кута ψ розглянемо рух елемента ґрунту по лезу ножа ротора за умови, що ротор обертається у площині щодо точки «0» з постійною кутовою швидкістю $\omega = \text{const}$. Елемент ґрунту «m» здійснює складний рух: переносний – навколо точки «0» та відносний – по лезу ножа ротора.

Задача ножа ротора полягає в тому, щоб переміщати ґрунт по сепаруючій решітці, запобігати його залипанню та виштовхувати великі частки ґрунту на поверхню. При цьому розкидання ґрунту повинно бути зведено до мінімуму.

Отже, результуюча швидкість зсуву частки ґрунту з леза ножа не повинна перевищувати поступальної швидкості руху розрихлювально-сепаруючої машини та повинна бути спрямована горизонтально в бік, протилежно цій швидкості:

$$V = V_M = \sqrt{V_0^2 + \zeta^2}, \quad (2.18)$$

де V – результуюча швидкість зсуву елемента ґрунту «m» з ножа ротора, м/с; V_M – поступальна швидкість машини, м/с; V_0 – обвідна швидкість ножа ротора, м/с; ζ – відносна швидкість елемента ґрунту «m» по лезу ножа ротора, м/с.

Конструкцію ножа ротора розрихлювально-сепаруючого пристрою, який забезпечує його обертання з мінімальними витратами енергії на роботу за умови зменшення розкидання ґрунту, запобігання згужування ґрунту на сепаруючій решітці, перешкоди заклинювання ґрунту під час опускання його у зазори сепаруючої решітки, визначили за допомогою програми КОМПАС-3D V14 (рис. 2.7). Розташування ножів на валу ротора впливає на зміну приводного моменту та рівномірність ходу машини. Тому, розміщувати ножі потрібно по спіралі з постійним кутовим кроком симетрично до поздовжньої осі машини для виключення крутних моментів у поперечній площині, здатних порушити стійкість ходу машини у напрямку руху та за глибиною.

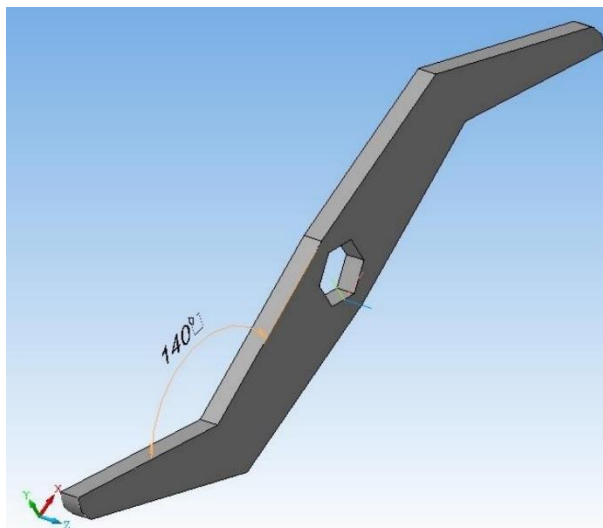


Рисунок 2.7 – Твердотільна модель ножа ротора с кутом нахилу $\psi=1400$ за якого розкидання ґрунту та його згужування на сепаруючій решітці відсутні, витрати енергії на роботу мінімальні, за умови перешкоди заклинювання ґрунту під час опускання його у зазори сепаруючої решітки

У нашому випадку ножі розміщені на валу по гвинтовій лінії з числом заходів, що дорівнює кількості ножів на валу, причому початок першої гвинтової лінії повинен збігатися у протилежній частині вала з кінцем другої гвинтової лінії і т.д. Крім того ножі необхідно розташовувати рівномірно по всьому колу вала з кутовою відстанню між суміжними ножами:

$$\alpha_z = \frac{360^0}{2n}, \quad (2.21)$$

де n – число ножів.

На рис. 2.8 показано приклад розміщення 18 ножів жорстко закріплених по парам симетрично до поздовжньої осі.

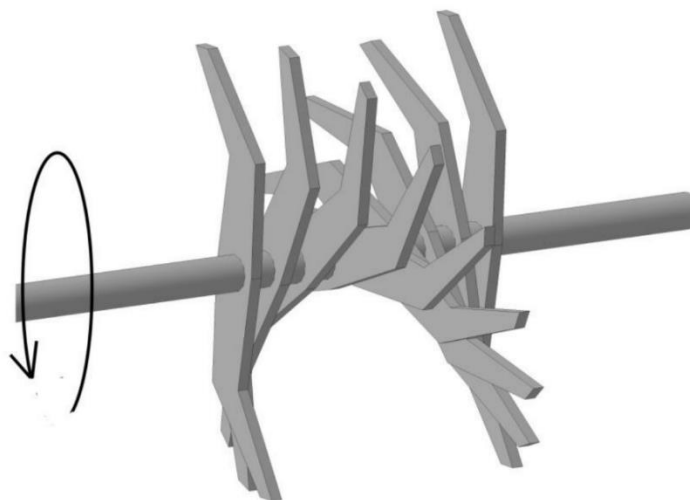


Рисунок 2.8 – Ротор ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини з 18 ножами закріплених по парам симетрично до поздовжньої осі

У табл. 2.1 показано кут зсуву між суміжними ножами α_z в залежності від кількості встановлених на валу ножів та їх послідовність вступу до роботи.

Таблиця 2.1 – Послідовність вступу до роботи ножів та кут зсуву між ними

Число ножів ротора $2n$	Кут зсуву між суміжними ножами α_z	Послідовність вступу до роботи ножів
5	$35^{\circ} 0'$	1 – 4 – 2 – 5 – 3
7	$25^{\circ} 42'$	1 – 5 – 2 – 6 – 3 – 7 – 4
8	$33^{\circ} 45'$	1 – 4 – 7 – 2 – 5 – 8 – 3 – 6
9	$20^{\circ} 0'$	1 – 6 – 2 – 7 – 3 – 8 – 4 – 9 – 5

Наведений вище аналіз показує, що певній кількості ножів відповідає цілком певний кут зсуву та послідовність вступу до роботи.

Очевидно що, зменшення або додавання ножів без зміни розстановки може привести до погіршення стійкості руху машини та збільшення нерівномірності крутильного моменту.

Питома пропускна здатність сепаруючої решітки.

Робоча довжина сепаруючої решітки обирається з умови отримання гарантованої товщини дрібногрудкуватого шару ґрунту, що покриває насіння. Товщина шару ґрунту, просіяного через отвори сепаруючої решітки, визначається питомою пропускною здатністю останньої та поступальною швидкістю руху комбінованої машини. Питома пропускна здатність – здатність сепаруючої решітки пропускати за одну секунду через одиницю площі зазорів певну вагу ґрунту.

Вага ґрунту, що проходить через зазори сепаруючої решітки за одну секунду, можна визначити з виразу:

$$Q' = \frac{1}{2t} l \cos \psi_P \cdot h' \cdot b \cdot \gamma, \quad (2.22)$$

де t – час проходження машиною шляху $l \cos \psi_P$, с; h' – товщина шару ґрунту, просіяного через сепаруючу решітку, м; b – ширина дрібногрудкуватого шару ґрунту, що покриває насіння, м; γ – об'ємна вага ґрунту, кг/м³.

Час проходження машиною шляху $l \cos \psi_P$ визначається з виразу:

$$t = \frac{l \cos \psi_P}{V_M}, \quad (2.23)$$

де V_M – поступальна швидкість руху машини, м/с.

Секундна пропускна здатність сепаруючої решітки знаходиться за її питомою пропускною здатністю за формулою:

$$Q' = Q \cdot l \cdot \cos \psi_P \cdot b' (z + 1), \quad (2.24)$$

де Q – питома пропускна здатність сепаруючої решітки, кг/м³с; b' – відстань між прутами сепаруючої решітки, м; z – кількість прутів у сепаруючій решітці, шт.

Кут нахилу сепаруючої решітки та відстань між її прутами.

З рівняння (2.12) видно, що при $\psi_P = 0$, обвідну швидкість руху ножа ротора, необхідну для переміщення ґрунту по сепаруючій решітці, можна знизити до мінімуму. Отже, для зниження частоти обертання ротора сепаруючу решітку потрібно розташовувати горизонтально.

Відстань між прутами сепаруючої решітки визначається агротехнічними вимогами, що пред'являються до структури ґрунту у зоні загортання насіння. Для

виключення з цієї зони частинок розміром понад 10 мм відстань між прутами сепаруючої решітки має дорівнювати або менше зазначеного розміру.

Висновки по розділу.

В результаті проведених теоретичних досліджень зроблено наступні висновки:

1. На підставі обґрунтування технологічного процесу роботи технічного засобу для механічного обробітку ґрунту визначено, що загнуті кінці крил плоскоріжучої лапи розрихлювально-сепаруючого пристрою не дають сходити ґрунту у боки.

2. Розглянуто роботу ножа ротора розрихлювально-сепаруючої машини у положеннях щодо ґрунту та сепаруючої решітки. Три фази роботи ножа ротора: від моменту входження ножа у ґрунт до сепаруючої решітки, моменту руху ножа над сепаруючою решіткою, від моменту руху ножа над сепаруючою решіткою до виходу ножа із ґрунту. Визначено, що крива лінія, показує раціональний профіль робочої частини ножа ротора з мінімальними витратами енергії на його роботу.

3. Визначена з допомогою програми КОМПАС-3D V14 конструкція ножа ротора розрихлювально-сепаруючого пристрою ґрунообробної машини забезпечить його обертання з мінімальними витратами енергії на роботу за умови зменшення розкидання ґрунту, запобігання згужування його на сепаруючій решітці, та перешкоди заклинювання ґрунту під час опускання ножа у зазори сепаруючої решітки.

4. Проведений аналіз розташування ножів на валу ротора розрихлювально-сепаруючої машини показує, що певній кількості ножів відповідає цілком певний кут зсуву та послідовність вступу до роботи, зменшення або додавання ножів без зміни розстановки може призвести до погіршення стійкості руху машини та збільшення нерівномірності крутильного моменту.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.

Перевірка достовірності отриманих результатів проводилася із застосуванням методів дисперсійного аналізу і математичної статистики. Достовірність впливу чинників визначалася за допомогою критерію Фішера [3]:

$$F_p = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_t^2}, \quad (3.1)$$

де F_p – розрахункове значення критерію Фішера; σ_x^2 – факторіальна дисперсія; σ_t^2 – випадкова дисперсія.

Достовірність визначалася з умови $F_p > F_m$, де F_m – табличне значення критерію Фішера, яке вибирається в залежності від заданого рівня значимості та числа ступенів свободи. Оцінку суттєвості вибірових середніх проводили за критерієм Стюдента (t – критерію) [3]:

$$t_p = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{\sqrt{S_{y1}^2 + S_{y2}^2}}, \quad (3.2)$$

В разі $t_p \geq t_m$ нульова гіпотеза про відсутність істотних відмінностей між середніми спростовується, а якщо $t_p \leq t_m$, відмінності знаходяться в межах випадкових коливань для прийнятого рівня значимості.

Значимість коефіцієнтів рівняння регресії визначали за критерієм Стюдента:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{ij} \bar{y}_i)}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (3.3)$$

де I_{ij} – ваговий коефіцієнт рівнів факторів j -того показника впливу у i -тому варіанті експерименту; y_i – середнє значення результуючого показника в i -тому варіанті експерименту; S_R – середньоквадратична помилка експерименту, визначається за формулою:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}}, \quad (3.4)$$

де n_i – число спостережень в i -тому варіанті експерименту;

Внесок мінливості чинників від загальної мінливості за варіантами визначали за індексом детермінації [3]:

$$\eta^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i + y_{cp})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (y_{ij} - y_{cp})^2}, \quad (3.5)$$

де y_i – середнє значення величини по повторностям i -того варіанту; y_{cp} – загальне середнє значення досліджуваної величини за всіма даними експерименту:

$$y_{cp} = \frac{\sum_i \sum_j y_{ij}}{nk}, \quad (3.6)$$

де y_{ij} – значення досліджуваної величини для i -того варіанту та j -тої повторності; n – число варіантів експерименту; k – кількість повторностей у варіанті.

Індекс детермінації, помножений на 100%, показує внесок мінливості досліджуваної величини, пов'язаний з варіантами щодо повної мінливості цієї величини до експерименту в процентах.

3.2. Опис експериментальної установки.

Для проведення експериментів у польових умовах на базі роторного культиватора КПР-3,2 було виготовлено установку, яка проводить розшарування ґрунту шляхом сепарації грудок за глибиною обробки [8, 9]. При підрізанні, підйомі та сепарації ґрунту ножі ротора виносять бур'яни на оброблену поверхню поля. Установка агрегувалась з сільськогосподарським трактором загального призначення Т-150К-08 (рис. 3.1). Вона являє собою жорстку раму з навісним пристроєм. По обидва боки рами розташовані металеві опорні колеса з механізмами регуляції глибини обробітку ґрунту. У задній частині рами знаходиться ротор, що складається із чотирьох частин. Опорами ротора служать підшипникові опори на краях рами та редуктора у її центрі.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної роторної розрихлювально-сепаруючої установки в агрегаті з трактором Т-150К-08

Привід ротора здійснюється від вала відбору потужності трактора, який налаштовується на частоту обертання 540 об/хв. При цьому частота обертання ротора змінюється за допомогою двоступеневого редуктора та регулюванням частоти обертання колінчастого вала двигуна в межах від 1000 до 2100 об/хв. Крутний момент від валу відбору потужності до ротора розрихлювально-сепаруючого пристрою передається через запобіжну фрикційну муфту та конічний-циліндровий двоступеневий редуктор. Передатне відношення редуктора може встановлюватись 4:1 або 5:1.

Ротор являє собою трубу, на яку приварено ножі-сепаратори з кроком у 50 мм (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Ротор експериментальної ґрунтообробної установки

У передній частині рами розташовані підрізаюче-підйомні робочі органи (рис. 3.3). Вони являють собою плоскоріжучу стрілчасту лапу з кутом кришіння 15° з загнутими кінцями крил, які використалися на сівалці прямого сівби. Зазначені крила приварено до кронштейну з наральником теоретично обґрунтованої форми. Кронштейн надітий на чизельну стійку та зафіксований на ній одним гвинтом для запобігання спадання робочого органу.

До крила плоскоріжучої стрілчастої лапи приварено прутки сепаруючої решітки з таким кроком, щоб ножі-сепаратори ротора входили між прутками сепаруючої решітки.



Рисунок 3.3 – Підрізаюче-підйомні робочі органи експериментальної роторної ґрунтообробної установки

Чизельні стійки закріплені на кронштейнах до рами позаду осі обертання ротора, що ножами забезпечує їхню якісну очистку від пожнивних залишків та ґрунту. Кожна окрема чизельна стійка утримує один підрізаюче-підйомний робочий орган. Таке кріплення робочих органів забезпечує жорсткість та надійність конструкції при обробці попередньо не підготовлених ґрунтів, легкість та зручність заміни робочого органу у разі необхідності.

Робочі органи виготовлені та встановлені попарно з однієї та іншої сторони приводного редуктора, які дають можливість аналізувати процес роботи наральника з сепаруючою решіткою та без неї.

Експериментальна установка працює наступним чином. Робочі органи підрізають ґрунт на заданій глибині обробки та піднімають його. При цьому забезпечується попереднє подрібнення ґрунту, який далі подається на сепаруючу решітку роторним робочим органом. Ножі ротора, що обертається з відносно малою частотою обертання (140 об/хв), підхоплюють шар ґрунту та переміщують його далі по решітці. При цьому забезпечується активне подрібнення брили та сепарація підрізаного шару ґрунту. Грудки ґрунту дрібної фракції просипаються за крилом підрізаючої лапи через решітку та опиняються на глибині підрізаючого шару. Більші грудки кришаться ножами ротора та просипаються через решітку, займаючи положення над дрібною фракцією. Грудки, лінійні розміри яких більше, ніж крок сепаруючої решітки, сходять з неї та займають положення на поверхні обробленого ґрунту. Тут опиняються і підрізані пожнивні залишки та кореневища рослин, які покривають поверхню ґрунту, утворюючи рослинну мульчу.

Так як ножі ротора проходять між прутами сепаруючої решітки, то забезпечується їх взаємне очищення від бур'янів та ґрунту. При цьому ножі ротора не дістають до дна борозни, залишаючи щільним її дно.

3.3. Визначення гребенистості поверхні ґрунту після проходу серійної та експериментальної лапи.

При проведенні експерименту вологість ґрунту становила 19-20%.

Вид поверхні ґрунту після проходу серійної плоскоріжучої стрілчастої лапи показано на рис. 3.4, а після проходу експериментальної стрілчастої лапи – на рис. 3.5.



Рисунок 3.4 – Вид поверхні ґрунту після проходу плоскоріжучої стрілчастої лапи



Рисунок 3.5 – Вид поверхні ґрунту після проходу експериментального підрізаюче-підйомного робочого органу

Результати проведеного експерименту по визначенню гребнистості поверхні ґрунту після проходу серійної та експериментальної лапи наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Показники гребнистості поверхні ґрунту після проходу серійної та експериментальної лапи

№ п/п	Плоскоріжуча стрілочаста лапа (контроль)		Плоскоріжуча стрілочаста лапа з загнутими крилами		
	Гребенястість, мм	Середнє значення, мм	Гребенястість, мм	Середнє значення, мм	Відношення до контролю, %
1	27,6	27,84	17,8	17,44	62,6
2	26,3		16,1		
3	27,6		18,8		
4	28,4		17,3		
5	29,3		17,2		

Результати даних таблиці показують, що частка впливу фактора становить 96,85%, достовірність отриманих даних за критерієм Фішера – 95%, найменша істотна різниця – 1,561 мм.

Із табл. 3.2 видно, що гребенястість поверхні ґрунту після проходу експериментальної лапи знизилася на 62,6% по відношенню до контролю. Це можна пояснити тим, що загнуті кінці крила експериментального робочого органу

запобігають бічному пересуванню ґрунту від стійки, тим самим зменшуючи глибину борозни за стійкою робочого органу.

Експеримент по визначенню впливу глибини ходу підрізаюче-підйомного пристрою на величину утворених огріхів між плоскоріжучими лапами з загнутими крилами проводився у польових умовах при вологості ґрунту 20,5%. Після розкриття обробленого шару ґрунту на дно борозни укладався білий шнур, фотографувався та візуально оцінювалася рівномірність обробітку ґрунту по ширині захвату робочих органів (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Вид дна борозни після проходу експериментальних підрізаюче-підйомних робочих органів

Із рисунку видно, що у стикових проміжках проходу робочих органів утворюються виступи, які впливають на рівномірність глибини обробітку ґрунту по ширині захвату установки.

Результати вимірювання товщини обробленого шару ґрунту після проходу установки у зоні роботи крила підрізаюче-підйомного пристрою та у зоні між проходами суміжних крил для різної глибини обробки наведено у табл. 3.3. При проведенні експерименту проміжок між крилами суміжних лап встановлювався рівним 3 см.

Результати дисперсійного аналізу показують, що частка впливу фактора становить 73,08%, достовірність за критерієм Фішера – 95%, найменша істотна різниця – 0,017 м.

Таблиця 3.3. Вплив глибини ходу підрізаюче-підйомного пристрою на величину утворених огріхів

Глибина обробки, м	Повторність	Глибина обробки у зоні стиків лап, м
0,04	1	0,018
	2	0,026
	3	0,031
	Середнє	0,025
0,06	1	0,032
	2	0,056
	3	0,062
	Середнє	0,050
0,08	1	0,058
	2	0,066
	3	0,092
	Середнє	0,072

Аналіз даних табл. 3.3 показує, що нерівномірність глибини обробітку ґрунту по ширині захвату установки перевищує допустимі вимоги щодо відхилення рівномірності загортання насіння у ґрунт, які становлять для дрібного насіння 0,5 см, а для крупніших – 1 см [8]. Тому запропонована установка з робочими 119 органами у вигляді стрілчастих лап з загнутими догори крилами, і встановленими у один ряд зі стиковими проміжками не може бути використана для передпосівної обробки ґрунту при співпаданні напрямку руху експериментальної ґрунтообробної установки та посівного агрегату. Для поліпшення рівномірності загортання насіння по глибині у такому випадку можна використовувати загальновідомі вимоги – посівний агрегат переміщається під кутом по відношенню до напрямку руху ґрунтообробного агрегату. Для інших видів обробки нерівномірність глибини по ширині захвату установки не перевищує 25%.

3.4. Визначення впливу параметрів ґрунтообробної машини на якісні показники її роботи.

Експерименти з вивчення параметрів ґрунтообробної машини на якісні показники роботи проводилися з чорноземним ґрунтом середнього механічного складу [9]. При проведенні експериментів вологість ґрунту становила 24%, а твердість – 120 Н/м².

Вплив частоти обертання ротора.

Критерієм оцінки впливу частоти обертання ротора експериментальної установки на якісні показники обробітку ґрунту був коефіцієнт структурності. Для визначення коефіцієнтів структурності було проведено чотири повторності експерименту [8] при різних частотах обертання ротора експериментальної установки: 1,58; 2,07; 2,53; 3,00 с⁻¹. При цьому поступальна швидкість руху підбиралася таким чином, щоб кінематичний параметр роботи ротора був близьким до постійної величини. У межах кожної повторності було взято по три проби ґрунту у зоні робочих органів без сепаруючої решітки (для контролю), та по три проби у зоні робочих органів з решіткою. Проби ґрунту бралися у двох шарах обробленого ґрунту, що поділявся по глибині на дві рівні частини.

Після упорядкування таблиць і обробки даних підраховані середні значення коефіцієнтів структурності ґрунту, які наведені у табл. 3.4. Достовірність отриманих результатів становила не менше 80%. Частка впливу частоти обертання на структуру ґрунту становила 5,66%, найбільшу частку впливу мала наявність сепаруючої решітки – 43,35%. Частка впливу сепаруючої здатності установки на структурний склад ґрунту становила 35,40%.

Отже, результати експерименту вказують на недоцільність підвищення частоти обертання ротора для поліпшення якості кришіння ґрунту. Результати експерименту достовірні з імовірністю 95%, найкраща істотна різниця не перевищує 0,102.

Таблиця 3.4 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора

Частота обертання ротора, с ⁻¹	Номер повторності	Коефіцієнти структурності				У % до роботи польової установки без решітки	
		Робочі органи без решітки		Робочі органи з решіткою			
		Верхній шар	Нижній шар	Верхній шар	Нижній шар	Верхній шар	Нижній шар
1,58	1	0,40	0,50	0,70	1,00		
	2	0,40	0,80	0,60	1,10		
	3	0,50	0,70	0,70	1,13		
	Серед.	0,43	0,66	0,67	1,08	155,8	163,6
2,07	1	0,40	0,80	0,60	1,30		
	2		0,60		1,30		
	3	0,40		0,70	1,30		
	Серед.	0,40	0,70	0,65	1,30	162	185
2,53	1	0,50	0,87	0,80	1,10		
	2	0,60	0,80	0,60	1,26		
	3	0,50	0,80	0,80	1,10		
	Серед.	0,53	0,86	0,73	1,15	137	133
3,00	1	0,70		0,90	1,17		
	2	0,60	0,80		1,50		
	3	0,73		0,70	1,17		
	Серед.	0,68	0,80	0,80	1,28	117,6	160

За отриманими результатами дослідів було побудовано графіки (рис. 3.7, 3.8) впливу частоти обертання ротора експериментальної установки на коефіцієнт структурності ґрунту. Із графіків видно, що з ростом частоти обертання коефіцієнт структурності ґрунту збільшується у всіх контрольних точках експерименту. Однак у верхньому шарі ґрунту величини коефіцієнтів структурності близькі між собою,

за невеликою перевагою у випадку з сепаруючою решіткою. Динаміка зміни коефіцієнта структурності ґрунту при лінійній зміні частоти обертання ротора у обох випадках має увігнутий характер.

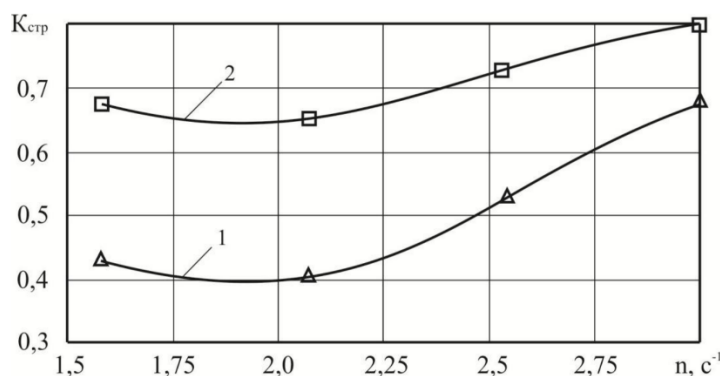


Рисунок 3.7 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора у верхньому шарі: 1 – без решітки; 2 – з решіткою

Із графіка видно, що зі збільшенням частоти обертання ротора понад $2,05 c^{-1}$ збільшується розрив у якості обробки ґрунту, більш того, у варіанті зі встановленою сепаруючою решіткою коефіцієнт структурності ґрунту підвищується на 88%. У нижньому шарі ґрунту спостерігається значна перевага робочих органів з сепаруючою решіткою. Коефіцієнт структурності ґрунту при використанні робочих органів з сепаруючою решіткою у 1,5 рази вище по відношенню до робочих органів без решітки, що забезпечує більш сприятливі умови для закладення у ґрунт насіння (див. рис. 3.8). При цьому у обох випадках характер зміни коефіцієнта структурності ґрунту має випуклий характер.

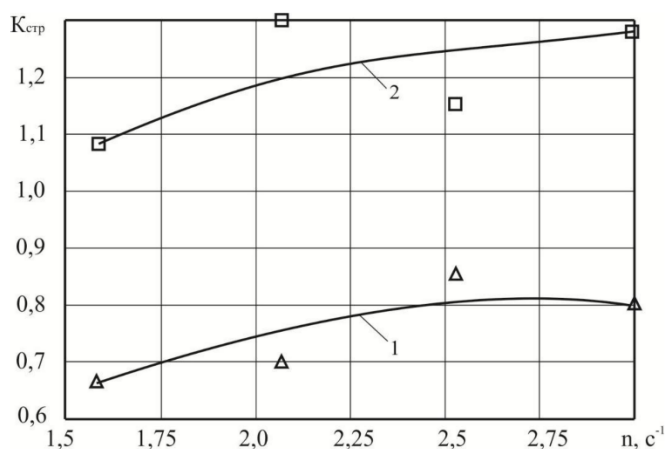


Рисунок 3.8 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від частоти обертання ротора у нижньому шарі: 1 – без решітки; 2 – з решіткою

Експеримент показав, що наявність сепаруючої решітки у складі робочих органів експериментальної установки позитивно впливає на якісні показники обробітку ґрунту, хоча від наявності сепаруючої решітки меншою мірою залежить коефіцієнт структурності ґрунту поверхневого шару. При зміні частоти обертання ротора установки у нижньому шарі ґрунту, при наявності сепаруючої решітки, спостерігаються незначні зміни коефіцієнта структури ґрунту порівняно з робочим органом без решітки. Однак при наявності сепаруючої решітки коефіцієнт структурності ґрунту у середньому на 60% вище, ніж без решітки.

Збільшення частоти обертання ротора експериментальної установки сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту, а динаміка зміни коефіцієнтів структурності ґрунту по прошаркам при зміні частоти обертання ротора експериментальної установки носить однаковий характер і при відсутності сепаруючої решітки, і при її наявності.

Результати польових випробувань експериментальної установки для фракції розміром 10–11 мм наведені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Кришіння посівного шару в залежності від частоти обертання ротора ґрунтообробної експериментальної установки при різних вихідних параметрах вологості та щільності ґрунту

Вихідні параметри ґрунту		вихід агрегатів (%) розміром 10–1 мм при частоті обертання ротора, об./хв		
вологість, % маси	щільність будови, г/см ³	99	127	180
11,4	1,14	36,4	50,2	33,2
14,4	1,19	43,7	55,7	47,8
	1,32	24,2	26,2	33,9
	1,21	50,6	48,1	50,5
	1,38	51,9	30,0	47,1
	1,45	53,4	35,8	30,6
	1,06	69,6	68,7	74,4
23,6	1,26	60,5	73,4	58,0
	1,36	45,2	55,6	49,5

Достовірність даних, визначена за критерієм Фішера, дорівнює 95%. Частка впливу фактора становить 79,2%. Найменша суттєва різниця дорівнює 13,923%.

Слід враховувати, що при аналізі отриманих даних деяка їх суперечливість пояснюється тим, що нам не вдалося створити рівні умови вихідної щільності будови перед обробкою (кришінням) через різну вологість посівного шару ґрунту. Наприклад, при найменшій вологості ґрунту діапазон створеної щільності будови становив 1,14-1,32 г/см³, середній вологості – 1,21-1,45 г/см³, підвищених – 1,06-1,36 г/см³. Тобто, при проведенні експерименту нам не вдалося створити умови, що зіставляють кришіння ґрунту. Але певні закономірності були виявлені.

1. Як і очікували, найбільший (майже оптимальний) вихід агрономічно цінних грудок отримали при фізичній стиглості ґрунту та при рихлій й помірно ущільненій його будові. Важливо, що при цих умовах частота обертання ротора не має великого значення. Ґрунт майже однаково добре розпадається на агрономічно цінні грудки як при мінімальній, так і при максимальній швидкості. Але при досягненні вихідної щільності будови ґрунту 1,36 г/см³ кришіння значно погіршується та при збільшенні частоти обертання ротора простежується очевидна тенденція до поліпшення кришіння.

2. При зменшенні вихідного рівня вологості ґрунту до нижньої межі пластичності та, особливо, до 0,5 фізичної стиглості кришіння значно погіршується. Найменші показники кришіння (24-34%) відзначаються при найбільш високій вихідній щільності будови ґрунту – 1,32 г/см³ і вище. Але і в цьому випадку підвищення частоти обертання ротора збільшує вихід агрономічно цінних структурних грудок.

Обробка даних за методом факторного аналізу дозволила прийти до більш конкретних висновків. Для цього визначили вплив кожного з досліджених чинників на кришіння по приблизно однаковим іншим двом факторам. Результат наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Вплив досліджених чинників на кришіння ґрунту

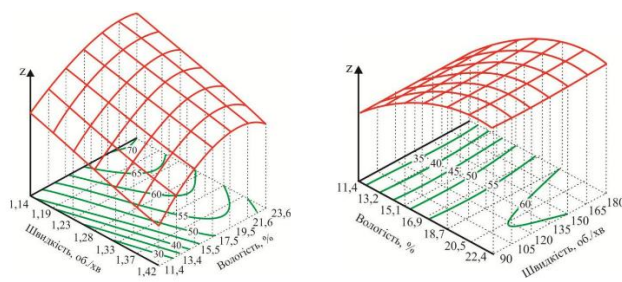
Фактор	Рівень чинника	Кришіння ґрунту, %
Частота обертів ротора, об/хв	99	48,4
	127	49,3
	180	47,2
Щільність будови ґрунту	Найменша	53,5
	Помірна	52,0
	Підвищена	39,4
Вологість ґрунту	Найменша	39,0
	Помірна	44,2
	Оптимальна	61,7

Після обробки даних експерименту отримано математичну модель кришіння ґрунту:

$$Z = 95,5 - 0,04W^3 p^3 - 25,2p^2 + 2,82v^{2/3} + 0,82W^{1,5} p^{2,5} + 0,03W^{1,5} p^{1,5} v^{1/3} - 22,2pv^{1/3}, \quad (3.7)$$

де W – вологість ґрунту %; p – щільність будови ґрунту, г/см³; v – швидкість обертання ротора, об./хв.

На основі цієї моделі побудовані графіки поверхонь $Z(W, p)$; $Z(W, v)$; $Z(p, v)$ за умови фіксації v , p та W відповідно на рівнях їх середніх значень в експериментах. Для практичних цілей здійснено наближення до квадратичної моделі. Результати регресійного багаточинного аналізу наведені на рис. 3.9.



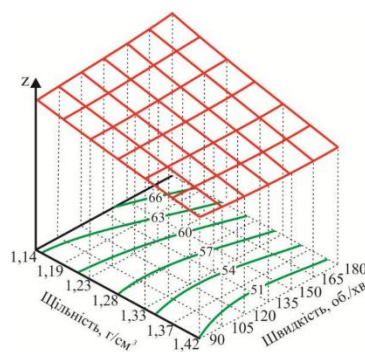


Рисунок 3.9 – Кришіння посівного шару (Z) в залежності від частоти обертання ротора ґрунтообробної установки при різних вихідних параметрах вологості та щільності будови ґрунту

Отже, вихідні параметри ґрунту – вологість та щільність будови – істотно впливають на її кришіння. Особливо несприятливий характер набуває цей процес при максимальній щільності та мінімальній вологості ґрунту у посівному шарі. Вплив ротора значно впливає на вихід агрономічно цінних агрегатів (порівняно з найгіршими показниками кришіння). Певною мірою для оптимізації кришіння досить навіть мінімальної частоти обертання ротора. При підвищенні частоти обертання ротора виявляється чітка тенденція до поліпшення кришіння, особливо при несприятливих параметрах щільності будови та вологості ґрунту.

Вплив швидкості руху експериментальної установки.

Для визначення коефіцієнтів структурності обробленого ґрунту провели шість дослідів при різних швидкостях руху експериментальної польової установки та різних частотах обертання ротора, а саме: при частоті обертання $1,1 \text{ с}^{-1}$ – три повторності на режимах трансмісії 1:1, 1:3, 2:1 та при частоті обертання $2,3 \text{ с}^{-1}$ – на тих же режимах роботи трансмісії трактора.

У межах кожного експерименту було взято по три проби ґрунту на відстані близько 15 м одна від одної у зоні проходу робочих органів без сепаруючої решітки – для контролю експерименту та по три проби із зони проходу робочих органів з решіткою. Кожну пробу брали з двох шарів обробленого ґрунту, який ділили по глибині на дві рівні частини.

Значення коефіцієнта структурності по прошаркам від швидкості руху установки для різної частоти обертання ротора наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7. Коефіцієнт структурності ґрунту, обробленого експериментальною установкою в залежності від швидкості її руху

Частота обертання ротора, c^{-1}	Поступальна швидкість, м/с	Номер повторності	Коефіцієнти структурності ґрунту			
			без решітки		з решіткою	
			верхній шар	нижній шар	верхній шар	нижній шар
1,1	0,440	1	0,80	0,73	1,00	1,30
		2	0,80	0,80	1,00	1,46
		3	0,80	0,80	0,93	1,20
		Середнє	0,80	0,78	0,98	1,32
	0,590	1	0,50	0,56	0,70	0,90
		2	0,50	0,40	0,70	1,00
		3	0,70	0,50	0,80	0,90
		Середнє	0,57	0,49	0,73	0,93
	0,925	1	0,40	1,00	0,80	1,20
		2	0,56	0,86	0,70	1,40
		3	0,50	1,00	0,80	1,30
		Середнє	0,49	0,95	0,76	1,30
2,3	0,925	1	0,30	0,70	1,30	1,47
		2	0,30	0,70	1,36	1,60
		3	0,36	0,86	1,20	1,50
		Середнє	0,32	0,75	1,29	1,52
	1,250	1	0,60	0,50	0,50	1,03
		2	0,66	0,50	0,73	1,00
		3	0,60	0,50	0,50	0,90
		Середнє	0,62	0,50	0,57	0,97
	1,940	1	0,96	0,90	0,70	1,00
		2	0,90	0,80	0,77	1,20
		3	0,90	0,90	0,70	1,00
		Середнє	0,92	0,86	0,72	1,06

Перевірка достовірності отриманих даних з використанням критерію Фішера показала, що вони достовірні з імовірністю 95%. Частка впливу сепаруючої здатності пристрою по глибині обробітку ґрунту становить 32,86%, частка взаємодії сепаруючої здатності та поступальної швидкості руху – 17,06%, вплив наявності сепаруючої решітки – 13,77%. Найменша істотна різниця дорівнювала 0,122.

За результатами експерименту побудовано графіки впливу швидкості руху експериментальної установки на коефіцієнт структурності ґрунту. На рис. 3.10 – 3.13 наведено залежності коефіцієнта структурності ґрунту від поступальної швидкості установки при наявності у ній сепаруючої решітки та без неї.

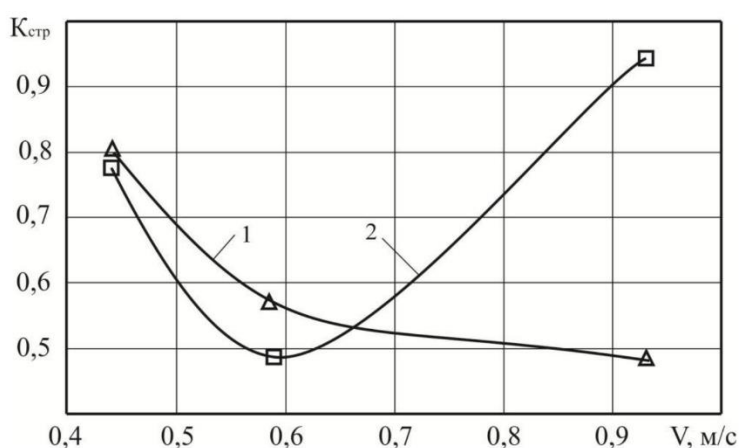


Рисунок 3.10 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від швидкості руху установки без решітки при частоті обертання ротора $1,1 \text{ с}^{-1}$:

1 – верхній шар, 2 – нижній шар

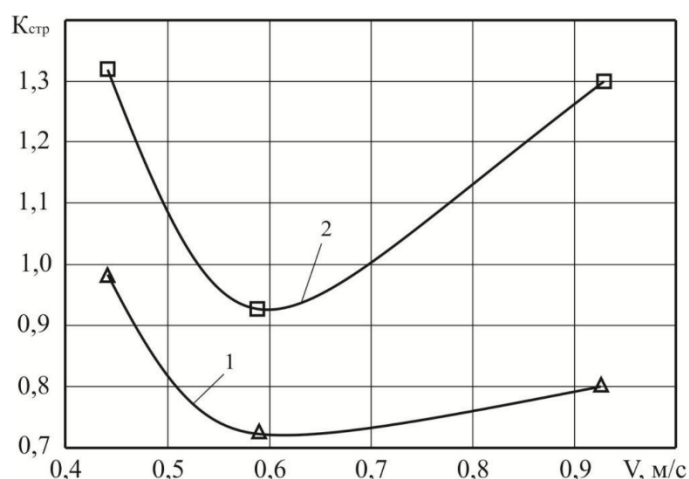


Рисунок 3.11 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від швидкості руху установки з решіткою при частоті обертання ротора $1,1 \text{ с}^{-1}$:

1 – верхній шар, 2 – нижній шар

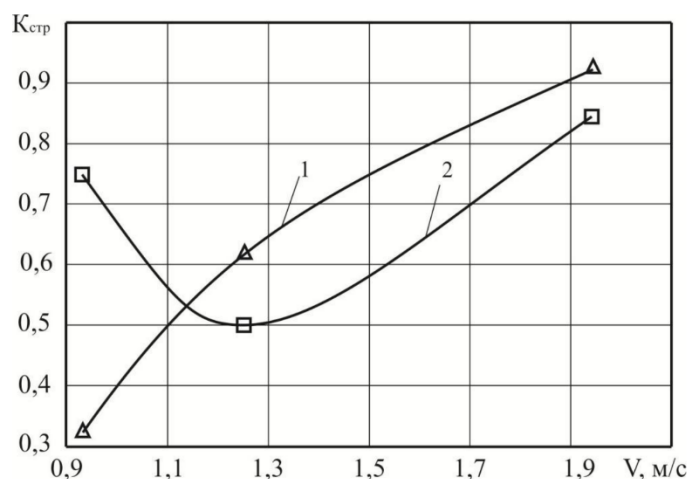


Рисунок 3.12 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від швидкості руху установки без решітки при частоті обертання ротора $2,3 \text{ с}^{-1}$:

1 – верхній шар, 2 – нижній шар

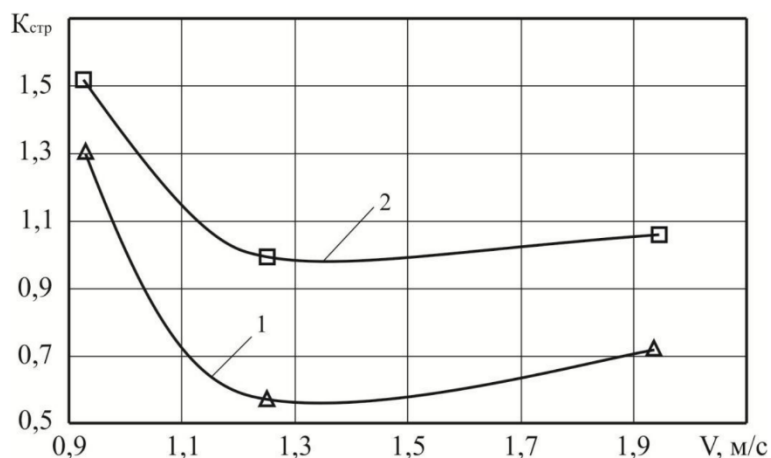


Рисунок 3.13 – Залежність коефіцієнта структурності ґрунту від швидкості руху установки з решіткою при частоті обертання ротора $2,3 \text{ с}^{-1}$:

1 – верхній шар, 2 – нижній шар

Із рис. 3.10 та 3.11 видно, що при частоті обертання ротора $1,1 \text{ с}^{-1}$ та швидкості руху експериментальної установки до 1 м/с коефіцієнти структурності ґрунту зменшуються зі збільшенням швидкості руху. Після проходження робочих органів з сепаруючою решіткою коефіцієнти структурності були вище, ніж у відповідних точках контрольних проб.

Різниця у коефіцієнті структурності ґрунту без решітки між верхнім та нижнім шарах при швидкості руху установки $0,43 \text{ м/с}$ відсутня, а при швидкості руху $0,93 \text{ м/с}$ становить 22%. Різниця у коефіцієнті структурності ґрунту між

верхнім та нижнім шарах при роботі з сепаруючою решіткою при швидкостях руху установки 0,42 м/с та 0,93 м/с становить відповідно 35 та 18%.

Збільшення швидкості руху установки при постійному обертанні ротора від 0,43 до 0,93 м/с без сепаруючої решітки коефіцієнт структурності ґрунту зменшується приблизно на 31%. При роботі з сепаруючою решіткою у нижньому шарі ґрунту зменшується на 32%, у верхньому – на 22%.

Збільшення швидкості руху від 0,93 до 1,95 м/с (див. рис. 3.12) при роботі установки без сепаруючої решітки при частоті обертання ротора $2,3 \text{ с}^{-1}$ коефіцієнт структурності ґрунту у верхньому шарі зростає приблизно у три рази (від 0,3 до 0,9). Структурний склад у нижньому шарі ґрунту при збільшенні швидкості руху установки від 0,93 до 1,95 м/с знижується на 37%, а при подальшому збільшенні швидкості руху коефіцієнт структурності зростає до 0,85. При швидкості руху вище 1,15 м/с коефіцієнт структурності у верхньому шарі перевищує коефіцієнт структурності нижнього шару ґрунту.

При роботі робочих органів з сепаруючою решіткою (див. рис. 3.13) та при збільшенні швидкості від 0,93 до 1,95 м/с коефіцієнт структурності у верхньому шарі ґрунту знижується на 33%, у нижньому – на 44%. При цьому різниця у коефіцієнті структурності ґрунту у нижньому та верхньому шарах при швидкості руху 0,93 м/с становить 15%, а при швидкості руху 1,95 м/с – 28%.

При порівнянні коефіцієнтів структурності у нижньому шарі ґрунту при роботі установки без сепаруючої решітки та з нею різниця між коефіцієнтами структурності становить від 1,2 до двох разів.

Отже, збільшення частоти обертання ротора від 1,1 до $2,3 \text{ с}^{-1}$ сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту у нижньому шарі приблизно на 10%, та у верхньому – не більше ніж на 2,3%. Порівняння якості роботи установки без сепаруючої та з сепаруючою решітками свідчить про перевагу використання установки за другим варіантом.

Вплив глибини обробітку ґрунту.

Результати експерименту з вивчення впливу глибини обробітку ґрунту на якість його кришіння наведено у табл. 3.8. Аналіз даних таблиці показує, що при

використанні на польовій установці експериментальних робочих органів з решіткою сепаруюча здатність ґрунту значно підвищується. Коефіцієнт структурності нижнього шару ґрунту підвищується у середньому у 1,6 рази по відношенню до контролю. Але у поверхневому шарі спостерігається зменшення коефіцієнта структурності по відношенню до контролю у середньому на 25% при зміні глибини обробки ґрунту від 5 до 11 см. Таке співвідношення можна пояснити тим фактом, що при наявності сепаруючої решітки велика кількість грудок ґрунту розміром 20 мм та більше переміщується на поверхневий шар, зменшуючи тим самим коефіцієнт структурності останнього. У той же час наявність сепаруючої решітки сприяє більш активному кришінню грудок ґрунту та майже повністю виключає з нижнього шару обробленого ґрунту грудки ґрунту розміром більше ніж 20 мм.

Таблиця 3.8 – Вплив глибини обробки ґрунту на коефіцієнт структурності ґрунту

Глибина обробки, м	Шари ґрунту, м	Номер проби	Отримано коефіцієнти структурності		У % до контролю
			без решітки	з решіткою	
0,05	0–0,025	1	2,2	1,7	
		2	1,5	1,3	
		3	1,8	1,5	
		Середнє	1,80	1,50	83,3
	0,025–0,05	1	4,0	3,9	
		2	3,1	3,1	
		3	2,8	3,4	
		Середнє	3,30	3,43	104,0
0,08	0–0,04	1	1,1	0,95	
		2	0,9	1,1	
		3	1,3	0,7	
		Середнє	1,10	0,91	82,7
	0,04–0,08	1	1,4	1,5	
		2	1,1	1,9	
		3	1,3	1,7	
		Середнє	1,26	1,70	134,9
0,11	0–0,055	1	0,6	0,5	
		2	0,9	0,4	
		3	0,6	0,4	
		Середнє	0,70	0,43	61,4

Продовження таблиці 3.8					
	0,055– 0,11	1	0,8	1,3	
		2	0,5	1,4	
		3	0,6	1,6	
		Середнє	0,63	1,43	226,9

Із аналізу видно, що частка впливу глибини обробітку ґрунту є найбільшою та становить 58,48%. Частка впливу сепаруючої здатності по глибині – 21,48% та наявність сепаруючої решітки має частку впливу 0,29%. Достовірність даних становить 95%. Найменша істотна різниця не перевищує 0,333.

При збільшенні глибини обробітку ґрунту коефіцієнти структурності зменшувалися у всіх контрольних точках. При глибині обробки 0,05 м величина коефіцієнтів структурності насіннєвого шару при наявності сепаруючої решітки практично не відрізнялася. При глибині обробки 0,11 м – наявність сепаруючої решітки забезпечує збільшення коефіцієнта структурності майже в 2,5 рази.

Експеримент підтверджує, що наявність сепаруючої решітки у експериментальній установці забезпечує більш раціональний перерозподіл агрономічно цінних грудок ґрунту по глибині оброблюваного шару.

Висновки по розділу.

В розділі експериментальних досліджень наведено методику та опис конструкції для проведення досліджень, а також отримані наступні результати:

1. Використання в якості підрізаюче-підйомного органу плоскоріжучої лапи з загнутими вгору крилами знижує бічний зсув ґрунту від стійки та тим самим забезпечує зниження гребнистості ґрунту по відношенню до серійної лапи на 62,6%. Дослідження показали, що робочі органи у вигляді стрілкової лапи з загнутими догори крилами, і встановленими в один ряд зі стиковими проміжками не можуть бути використані для передпосівної обробки ґрунту при спів паданні напрямку руху експериментальної розрихлювально-сепаруючої установки з посівним агрегатом.

2. Вивчення впливу частоти обертання ротора експериментальної розрихлювально-сепаруючої установки на якісні показники її роботи показало, що

з ростом частоти обертання ротора коефіцієнт структурності ґрунту збільшується незначно. Наявність в розрихлювально-сепаруючому пристрої пруткової решітки сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту більш ніж в 1,5 рази в порівнянні з варіантом без решітки. Встановлено, що більший вплив на якість обробки ґрунту мають геометричні параметри ножа ротора, менший - частота обертання ротора.

3. Збільшення швидкості руху експериментальної розрихлювально-сепаруючої установки від 0,93 до 1,95 м/с сприяє зниженню коефіцієнта структурності ґрунту у верхньому та нижньому шарах відповідно на 33 та 43%. Різниця коефіцієнта структурності ґрунту в нижньому та верхньому шарах при швидкості руху 0,93 м/с становить 15%, а при швидкості 1,95 м/с – 28%. Різниця між коефіцієнтами структурності ґрунту у верхньому та нижньому шарах зі збільшенням швидкості руху машини зростає. Порівняння якості роботи розрихлювально-сепаруючої установки з сепаруючою решіткою та без неї показує переваги використання з решіткою.

4. При збільшенні глибини обробітку ґрунту коефіцієнт структурності ґрунту у верхньому та нижньому шарах знижується. Використання робочих органів з наральниками теоретично обґрунтованої форми з сепаруючою решіткою дозволяє збільшити коефіцієнт структурності ґрунту в нижньому шарі в середньому у 1,6 рази в порівнянні з варіантом без сепаруючої решітки.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація й заходи з охорони праці в господарстві.

Охорона праці – це система правових, соціально- економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Метою охорони праці в сільському господарстві є створення для працівників сприятливих умов праці, зниження рівня виробничого травматизму, запобігання виникненню професійних захворювань тощо під час виконання ними своїх трудових обов'язків. Реалізовується поставлена мета на базі нормативно-правових норм, які в сукупності складають комплексний правовий інститут охорони праці в сільському господарстві [4].

У господарстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничотехнічних служб.

Служба охорони праці виконує такі основні функції:

- опрацьовує ефективну цілісну систему управління охороною праці, сприяє удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;
- проводить оперативно-методичне керівництво роботою з охорони праці;
- складає разом зі структурними підрозділами підприємства комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;
- проводить для працівників вступний інструктаж з питань охорони праці;
- організовує: забезпечення працюючих нормативними актами з охорони праці;

- бере участь у: розслідуванні нещасних випадків та аварій; роботі комісії з питань охорони праці підприємства; розробці положень, інструкцій, інших нормативних актів про охорону праці, що діють в межах підприємства;

- готує проекти наказів та розпоряджень з питань охорони праці, загальних для всього підприємства;

- контролює: дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці;

- здійснює зв'язок з медичними закладами, з науковими та іншими організаціями з питань охорони праці, організовує впровадження їх рекомендацій.

Спеціалісти служби охорони праці мають право представляти господарство в державних та громадських установах при розгляді питань з охорони праці, безперешкодно в будь-який час відвідувати виробничі об'єкти, структурні підрозділи господарства, порушувати клопотання про заохочення працівників, котрі беруть активну участь у підвищенні безпеки та покращенні умов праці, а у разі виявлення порушень охорони праці.

4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі з комбінованим агрегатом.

Розвиток усіх технологічних і виробничих процесів неможливий без повного застосування досягнень науково-технічного прогресу, ефективного використання ресурсів, зниження збитків від аварій і травматизму. Рішення цієї задачі потребує використання науково обґрунтованих підходів і аналізу виробничих процесів у ергатичній системі «людина-середовище».

Проблеми аварійності та травматизму пояснюються не тільки низькою культурою безпечності і відсутністю технологічної дисципліни, але й конструктивною недосконалістю та значним спрацюванням виробничого і транспортного устаткування.

З метою підвищення безпечності життєдіяльності людини та зниження збитків від травмонебезпечних та аварійних ситуацій, необхідно вивчати обставини

їх появи, використовуючи методи системного аналізу та моделювання досліджуваних небезпечних ситуацій у техносфері.

При функціонуванні систем «людина-середовище» за різних причин виникають випадкові події, які утворюють травмонебезпечні та аварійні ситуації, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. Усі ці події можна розглядати як статистично залежні або статистично незалежні між собою компоненти, що утворюють логічні моделі виробничих процесів, які вивчаються.

Логічна модель виробничих небезпек при роботі з комбінованим агрегатом має вигляд [6]:

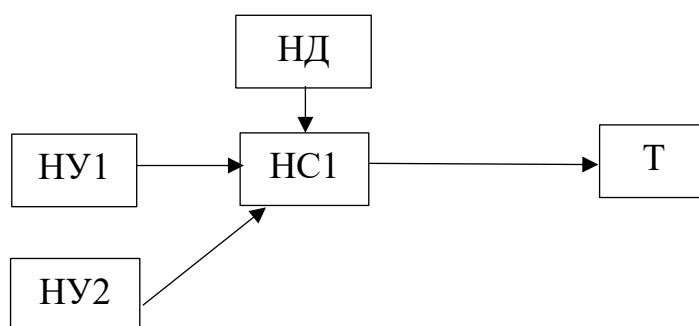


Рисунок 4.1 – Модель виникнення виробничих небезпек при роботі з комбінованим агрегатом

НУ1 – причіпний агрегат не достатньо закріплений.

НУ2 – можлива технічна несправність механізму зчіпки.

НД – можливе знаходження працюючого під агрегатом.

НС – можливе випадкове від'єднання причіпного агрегату.

Т – травма.

При наведеній моделі виникнення аварійних і травмонебезпечних ситуацій, можна уникнути виробничих травм при роботі з комбінованим агрегатом.

Висновки по розділу.

В розділі охорони праці наведено організація та заходи з охорони праці, що виконуються у сільськогосподарському виробництві. А також визначено модель травмонебезпечних ситуацій для їх уникнення та збереження здоров'я працівників.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО НАУКОВОЇ РОЗРОБКИ

Економічна ефективність проведених у дипломній роботі досліджень визначалася результатами використання експериментальної ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур [1].

Розрахунки економічної ефективності проводилися при використанні експериментальної машини для передпосівного обробітку ґрунту під посіви пропасних культур, при догляді за чорними парами, засміченими коренепаростковими бур'янами.

Розрахунки проводилися згідно технологій вирощування сільськогосподарських культур у порівнянні з використанням сучасної серійної техніки на підставі загальновідомої методики [1]. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності
використання ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини

Найменування витрат	Одиниця виміру	Значення показників
Вартість дизельного палива	грн./т	26000
Заробітна плата механізатора з відрахуваннями	грн./год	100
Амортизаційні відрахування	%	15
Відрахування на ремонт та ТО	%	12,5
Загальногосподарські витрати	%	25
Непередбачені витрати	%	5
Норма внесення гербіцидів	л/га	5
Вартість гербіциду	грн./л	280

Експлуатаційні показники роботи агрегатів з експериментальною та серійною технікою наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Експлуатаційні показники роботи агрегатів

Найменування показників	Одиниця виміру	Склад агрегату	
		з серійними машинами	з експериментальними машинами
Склад агрегату		Т-150К-08 + КПС-8	Т-150К-08 + Машина ґрунтообробна розрихлювально - сепаруюча
Ширина захвату агрегату	м	8	5
Швидкість руху агрегату	км/год	9,6	9,6
Вартість агрегату	тис. грн	1230	1290
Річне завантаження трактора	год	1400	1400
Річне завантаження сільськогосподарської машини	га	500	800

Використання ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини для передпосівної підготовки ґрунту під посів пропасних культур.

Розрахунки проводилися при підготовці ґрунту під посів квасолі. У зв'язку з тим, що квасоля є культурою пізньої сівби, технологія її вирощування передбачає проведення дворазової культивації, що забезпечує достатній ефект знищення бур'янів та необхідну якість підготовки ґрунту до її проведення.

Застосовувана ґрунтообробна розрихлювально-сепаруюча машина дозволяє за один прохід агрегату очистити поле від бур'янів та створити оптимальні умови для проростання насіння та розвитку рослини, що підтверджується результатами експериментальних досліджень. Показники економічної ефективності впровадження ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини з шириною захвату 5 м на передпосівній підготовці ґрунту під посів квасолі представлені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Показники економічної ефективності впровадження ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини з шириною захвату 5 м на передпосівній підготовці ґрунту під посів квасолі

Найменування показників	Одиниця виміру	Система обробки ґрунту	
		КПС-8	Машина ґрунтообробна розрихлювально-сепаруюча
Продуктивність	га/см	33,50	25,50
Витрати палива	кг/га	7,30	5,15
Витрати праці	чол.-год/га	0,42	0,27
Вартість паливо-мастильних матеріалів	грн/га	202,4	142,56
Заробітна плата з нарахуваннями	грн/га	65,72	42,48
Амортизаційні відрахування	грн/га	77,76	85,84
Відрахування на ремонт та ТО	грн/га	71,36	75,6
Інші витрати	грн/га	20,8	17,4
Загальновиробничі витрати	грн./га	109,2	91,04
Страхові витрати	грн./га	23,44	18,4
Собівартість	грн./га	568,00	472,00

Аналіз даних табл. 5.3 показує, що впровадження експериментальної ґрунтообробної машини на передпосівній підготовці під посів пізніх сільськогосподарських культур у порівнянні з проведенням обробки ґрунту серійними культиваторами дозволяє знизити витрату палива на 29%, витрати праці – на 36%, собівартість проведення робіт – на 17%.

Використання ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини при догляді за чорними парами, засміченими коренепаростковими бур'янами.

Економічна ефективність визначалася за технологіями догляду за чорними парами, засміченими коренепаростковими бур'янами – осетом та пирієм. Розрахунки проводилися у порівнянні з використанням сучасних традиційних культиваторів для догляду за парами та застосуванням агрегату з експериментальною ґрунтообробною машиною.

Загальновідомо, що для знищення коренепаросткових бур'янів тільки механічним способом необхідно сім обробок ґрунту [19]. При використанні експериментальної машини, як показали результати польових досліджень, для знищення бур'янів досить провести дві механічні обробки.

Результати розрахунків витрат для догляду за чорними парами за трьома технологіями наведених представлені у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків витрат по догляду за чорними парами за трьома технологіями

Найменування показників	Одиниця виміру	Технології механізованої обробки ґрунту з використанням		
		парових культиваторів	парових культиваторів з гербіцидами	Експериментальна машина
Витрати праці	чол.-год/га	2,30	1,80	1,42
Витрати палива	кг/га	40,40	26,10	25,80
Заробітна плата з нарахуваннями	грн/га	358,00	257,60	220,80
Вартість паливо-мастильних матеріалів	грн/га	1117,6	721,20	713,60
Амортизаційні відрахування	грн/га	1245,6	1088,40	1162,40
Відрахування на				

	Продовження таблиці 5.4			
ремонт та ТО	грн/га	1076,0	929,60	990,80
Інші витрати	грн/га	189,60	220,00	154,40
Загальновиробничі витрати	грн/га	964,40	1155,20	810,40
Страхові витрати	грн/га	186,80	234,40	144,40
Собівартість робіт	грн/га	5160,0	6008,0	4196,0

Аналіз даних табл. 5.4 показує, що використання експериментальної ґрунтообробної машини у технології чорного пару дозволяє знизити витрати праці по відношенню до технологій з використанням серійних культиваторів типу КПС-4 та при використанні гербіцидів відповідно на 38 та 28%, витрати палива на одиницю виконаної роботи – на 36 та 11%, собівартість робіт – на 19 та 30%.

Висновки. Застосування експериментальної ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту під посів просапних культур пізньої сівби, у порівнянні з традиційними комплексами машин, забезпечує зниження витрати палива до 5,15 кг/га, витрат праці – 0,27 чол/га та собівартості виконаних робіт – на 472 грн/га, що по відношенню до використання традиційних способів становить відповідно 29, 36 та 17%.

Також застосування експериментальної ґрунтообробної машини у технологіях чорного пару, засмічених коренепаростковими бур'янами, дозволяє знизити витрати праці, витрати палива та собівартості у порівнянні з механізованими обробками ґрунту – паровими культиваторами – відповідно на 38, 36 та 19%. При використанні гербіцидів у технологіях чорного пару та застосуванні експериментальної ґрунтообробної машини витрати знижуються відповідно на 21, 11 та 30%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі представлені нові науково та експериментально обґрунтовані результати вирішення наукового завдання, яке полягає в обґрунтуванні параметрів комбінованого технічного засобу для поверхневого обробітку ґрунту.

1. В результаті проведеного літературного аналізу виявлено, що найбільш сприятливі умови для проростання насіння та розвитку рослин створюються при диференціації оброблюваного шару ґрунту за структурним складом із перевагою у поверхневому шарі ґрунту грудок розміром від 5 до 20 мм, а у зоні загортання насіння – від 0,25 до 10,0 мм. Для оптимізації агрофізичних властивостей ґрунту у системах поверхневого обробітку ґрунту застосовується ґрунтообробна машина яка дозволяє, у порівнянні з традиційними культиваторами, підвищити коефіцієнт структурності приблизно у 2,5 рази, підтримувати у літній період вологість ґрунту на 1-2% вище, ніж на контролі, та істотно знизити засміченість обробленого шару ґрунту.

2. Теоретично доведено взаємозв'язок між тиском ґрунту на робочу поверхню наральника, силою тертя між наральником та ґрунтом, довжиною виділеної ділянки на наральнику, кутом нахилу дотичної до профілю наральника, що дозволило визначити форму наральника мінімального тягового опору. Обґрунтовано профіль наральника мінімальної енергоємності з використанням методу прямого варіаційного обчислення, який описується кривою, що проходить через задані точки, з заданим початковим кутом та кінцевим кутом у точці прилягання його до стійки.

3. Отримано залежність відносної швидкості руху елемента ґрунту на кінці ножа ротора від кута його нахилу, що дозволило обґрунтувати конструкцію ножа яка забезпечує обертання ротора з мінімальними витратами енергії за умови зменшення розкидання ґрунту та запобігання згужування його на сепаруючій решітці. Визначено, що при заданих параметрах ножа ротора та частоті його обертання оптимальним можна вважати кут ψ між найбільш пологою дотичною до профілю ножа та прямої, що проходить по неробочій його частини, близький до

1420 , при якому розкидання ґрунту та його сгужування на сепаруючій решітці відсутні.

4. Вивчення впливу частоти обертання ротора експериментальної розрихлювально-сепаруючої установки на якісні показники її роботи показало, що з ростом частоти обертання ротора коефіцієнт структурності ґрунту збільшується незначно. Наявність в розрихлювально-сепаруючому пристрої пруткової решітки сприяє збільшенню коефіцієнта структурності ґрунту більш ніж в 1,5 рази в порівнянні з варіантом без решітки. Встановлено, що більший вплив на якість обробки ґрунту мають геометричні параметри ножа ротора, менший – частота обертання ротора.

5. На якість кришіння ґрунту експериментальною розрихлювально-сепаруючою установкою особливий вплив робить вологість та щільність складання, тому при щільності ґрунту 1,3-1,4 г/см³ та мінімальній вологості ґрунту 11,4-14,4% частоту обертання ротора необхідно збільшити до 127 об./хв.

6. Застосування експериментальної ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки для передпосівного обробітку ґрунту під посів сільськогосподарських культур пізньої сівби дозволяє знизити витрати на 96 грн/га порівняно з застосуванням традиційних парових культиваторів. Зниження витрат на утримання чорного пару засмічених коренепаростковими бур'янами при використанні експериментальної машини дозволяє знизити витрати порівняно з застосуванням традиційних знарядь на 964 грн/га, а в порівнянні з гербіцидними технологіями – на 1800 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідило М.І., Пащенко В.Ф., Ульяновченко О.В. Економіко-екологічні засади раціонального формування та використання машинно-тракторного парку. 2010.
2. Гуков Я.С. Деякі аспекти проблеми підготовки ґрунту під цукровий буряк. Зб. наук. праць НАУ. Т.2. Київ : НАУ, 1997. С.18-20.
3. Єгоров А.Є., Г.М. Азаров, А.В. Коваль Дослідження систем та пристроїв автоматики методом планування експерименту. Харків : Вища школа, 1986. 240 с.
4. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII - zakon . rada URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.
5. Зубенок О.В. Вплив способів основного обробітку на вміст гумусу в чорноземі типовому та біологічну активність ґрунту. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2012. №. 2. С. 94-97.
6. Коробко О.В., Троян Ю.І. Методичні вказівки до практичної роботи. Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій на виробництві. Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. 18 с.
7. Коломієць С.М. Обґрунтування параметрів культиваторів-розпушників для передпосівного обробітку ґрунту. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2014. №. 145. С. 75-81.
8. Лімонт А.С. Зусилля, що діють на робочі органи, та споживана потужність машин з активним приводом. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2006. №. 2 (37). С. 9-15.
9. Нанка А.В., Сиромяткін Ю.М. Вплив частоти обертання ротора ґрунтообробної машини на якісні показники її роботи. Агротехніка та енергозабезпечення. 2018. № 2 (19). С.101–116.
10. Новохацький М., Бондаренко О., Гусар І. Динаміка запасів продуктивної вологи і щільності ґрунту залежно від системи основного обробітку та вирощуваної

культкри. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. №. 20. С. 335-344.

11. Пащенко В.Ф. Зниження енергоємності комбінованої машини для обробки ґрунту та посіву. Механізація та електрифікація сіл. госп-ва: зб. наук. тр. Вип. 70. Київ, 1989. С. 17-20.

12. Пащенко В.Ф. Теорія впливу робочих органів знарядь на ґрунт [Текст]: Монографія / В.Ф. Пащенко, С.І. Корнієнко, М.П. Гусаренко. Харків : ХНАУ, 2013. 90 с.

13. Пащенко В.Ф., Сиромятників Ю.М. Вплив локального розпушування ґрунту на врожайність сої. Зернові культури. 2017. Том 1. №2 . С. 329- 337.

14. Рижих М.Є. Спосіб обробітку ґрунту з просіюванням дрібної фракції під відвал та конструкція плуга для його здійснення. Scientific Journal of KubSAU. 2004. №07. С. 78- 82.

15. Сало В., Сисолін П. Не плуг і не плоскоріз. Сільськогосподарська техніка України. 1997. №1. С. 14-15.

16. Сало В.М. і ін. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2015. №. 45 (1). С. 126-132.

17. Сірий І. О. Передумови основного обробітку ґрунту шляхом створення деформацій розтягування-вигину і зсуву // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. 2016. №. 4. С. 171-181.

18. Сиромяткін Ю.М. Підвищення ефективності технологічного процесу руху ґрунту по лемеші ґрунтообробної розпушально-сепаруючої машини. Сільське господарство. 2017. № 1. С. 48-50.

19. Харченко О.В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у Лісостепу України: Монографія. Суми: ВТД «Університетська книга». 2005. 262 с.

20. Murtozevich M. F., Ilxomovich K. U. Energy-resource saving machine for preparing soil for planting root crops on ridges // European science review. 2016. №. 11-12.