

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

УДК 629.017:631.316/.332

**ПОГОДЖЕНО**

Декан механіко-технологічного факультету

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту ім. М.П.Момотенка

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Вячеслав БРАТІШКО**

(ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Іван РОГОВСЬКИЙ**

(ім'я, прізвище)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему** Дослідження експлуатаційних показників комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Геннадій ГОЛУБ

(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

**Виконав:**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Павло БОГДАН

(ім'я, прізвище)

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко-технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технічного сервісу та  
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ **Іван РОГОВСЬКИЙ**  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я, прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТАМ**

Павлу БОГДАЛУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова  
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Дослідження експлуатаційних показників  
комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література;  
результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах експлуатаційних показників  
комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Обґрунтування необхідності створення універсальної комбінованої ґрунтообробної техніки
3. Вибір технології обробітку ґрунту та обґрунтування конструктивної схеми та параметрів комбінованого універсального знаряддя для основного та передпосівного обробітку ґрунту
4. Обґрунтування робочої ширини, робочої швидкості та продуктивності комбінованого універсального знаряддя

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ **Іван РОГОВСЬКИЙ**  
(підпис) (ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ **Павлу БОГДАЛУ**  
(підпис) (ім'я прізвище)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>8</b>
1.1. Обґрунтування необхідності створення універсальної комбінованої грунтообробної техніки .....	8
1.2. Аналіз конструкцій комбінованих грунтообробних машин .....	13
1.3. Аналіз науково-дослідних робіт з обґрунтування конструкцій комбінованих грунтообробних знарядь .....	30
<b>РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОСНОВНОГО ТА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ .....</b>	<b>33</b>
2.1. Вибір технології обробітку ґрунту.....	33
2.2. Обґрунтування схеми проектування грунтообробно-посівного агрегату АПК-5.....	36
2.3. Вибір параметрів змінних робочих органів.....	42
2.4. Обґрунтування робочої ширини, робочої швидкості та продуктивності грунтообробно-посівного агрегату .....	49
2.5. Обґрунтування параметрів грунтообробно-посівного агрегату для обробітку ґрунту та основного та передпосівного посіву .....	58
2.6. Висновки до розділу .....	61
<b>РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>63</b>
3.1. Методика визначення основних агротехнічних показників.....	63
3.2. Визначення енергетичної ефективності грунтообробно-посівного агрегату АПК-5.....	63
3.3. Методика визначення експлуатаційно-технологічних показників... 70	70
3.4. Методологія проведення робіт з вимірювання часу.....	73
3.5. Методика визначення похибки вимірів .....	76

<b>РОЗДІЛ 4.РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
<b>ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ АПК-5.....</b>	<b>78</b>
4.1. Технічні характеристики обладнання та умови проведення експериментальних досліджень.....	78
4.2. Енергоефективність ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5. ....	79
4.3. Експлуатаційно-технологічні показники роботи комбінованого універсального знаряддя.....	80
Висновки до розділу .....	81
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>83</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>85</b>

## ВСТУП

**Актуальність магістерської кваліфікаційної роботи.** Найважливішим технологічним процесом у сільському господарстві для створення оптимальних умов для росту та розвитку сільськогосподарських культур є механічний обробіток ґрунту. Це позитивно впливає на біологічні, біохімічні та фізико-механічні процеси ґрунту та покращує його тепловий, повітряний та поживний баланс. Наукові дослідження показали, що під час вирощування рослин ретельне перемішування верхнього та нижнього шарів ґрунту сприяє підвищенню біологічної активності всього верхнього шару ґрунту, а отже, і збільшенню врожайності [22].

Відповідно до Стратегії розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні на період до 2025 року, пріоритетними напрямками у сфері обробітку ґрунту є: розробка універсальної комбінованої ґрунтообробної техніки, адаптованої та реконфігурованої для різних процесів підготовки поля в системі мінімального та ерозійностійкого землеробства; обробляти ґрунт рядами та грядками на перезволожених ділянках; глибоке розпушування надмірно ущільнених ґрунтів; високоякісне виконання операцій післяобробки з використанням спеціальних методів обробітку ґрунту в посушливих та ризикованих умовах землеробства [49].

У Волинській області налічується 276 фермерських господарств, які обробляють 47 700 гектарів орних угідь, що становить 25% від загальної площі оброблюваних земель. Господарства в основному спеціалізуються на виробництві товарних зернових культур. Середня площа орних земель на фермі становить від 100 до 500 гектарів. Для сільськогосподарських та фермерських господарств з орною площею до 500 гектарів, які мають трактори з тяговим класом від 20 до 30 кН, бажаним є комбінований універсальний пристрій, за допомогою якого можна проводити передпосівну та основну обробку ґрунту, а також пропарювання. Однак, на сьогоднішній день відсутні дослідницькі роботи щодо раціонального поєднання робочої ширини знаряддя та швидкості руху агрегату при роботі з різною енергоємністю для тракторів з

класом тягової сили 20-30 кН, щодо вибору типів робочих органів для обробітку ґрунту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, щодо обґрунтування схеми та раціональних параметрів універсального знаряддя. У зв'язку з цим тема дослідження, спрямована на розробку такого інструменту, є актуальною та має практичне значення.

**Мета магістерської кваліфікаційної роботи** - Підвищення продуктивності агрегату шляхом повного використання тягової сили трактора на основі розробки схеми та обґрунтування раціональних параметрів універсального комбінованого ґрунтообробного пристрою.

Задачі дослідження:

1. Вивчити залежність продуктивності агрегату та коефіцієнта використання тягової сили трактора від маси знаряддя, глибини обробки, типу робочих елементів та питомої міцності ґрунту з метою визначення раціональних значень робочої ширини та швидкості руху агрегату.

2. Розробити послідовність робіт для запропонованої технології комбінованого обробітку ґрунту.

3. Обґрунтувати параметри комбінованого універсального багатоцільового знаряддя, а також технологічні та конструктивні параметри змінних робочих органів для обробітку зерна.

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи** - технологічна послідовність роботи універсального знаряддя, об'єднаного в одному агрегаті з трактором тягового класу 20–30 кН для парового обробітку ґрунту, для основного та передпосівного обробітку ґрунту з одночасним посівом.

**Тема дослідження магістерської роботи:** зв'язок між конструктивними параметрами комбінованого універсального знаряддя та режимами роботи агрегату з його продуктивністю та коефіцієнтами використання тягової сили трактора.

Наукова новизна:

– Було виявлено, що при використанні комбінованого знаряддя, яке поєднує кілька технологічних операцій під час передпосівної та підготовчої

ґрунту, під час основного обробітку ґрунту та чизелювання ґрунту, максимальної продуктивності та мінімального тягового опору можна досягти певним поєднанням робочої ширини знаряддя та швидкості руху трактора. Раціональні значення швидкості агрегату залежать від глибини обробки, питомого опору ґрунту, параметрів робочих елементів та величини сили тертя.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПРЕДМЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Обґрунтування необхідності створення універсальної комбінованої ґрунтообробної техніки

У сучасних умовах розвиток світового сільського господарства базується на збереженні енергетичних та земельних ресурсів.

Близько 93% площі країни відведено під сільське господарство, що пропонує великий потенціал для вирощування важливих продовольчих культур. Проблема, однак, полягає у дуже високому рівні затоплення суші, який перевищує 61%, що, у свою чергу, призводить до потенційної втрати родючості [2,5,24].

Аналізуючи картограму Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» (рис. 1.1), можна побачити, що інтенсивний механічний вплив на ґрунт призводить до значного зниження його родючості, оскільки він порушується та руйнується його оптимальна структура, водопроникність та аераційна здатність [2,24,36].



Рисунок 1.1 – Вміст гумусу в ґрунтах України (статистичні дані [2] станом на 01.01.2024)

На основі картограми Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» бачимо, що вміст гумусу в сільськогосподарських ґрунтах України



Донецькій та Хмельницькій областях і коливається від 81 до 92%. Середні показники оранки спостерігаються в таких областях: Черкаській (74,2%), Кіровоградській (85,3%) та Вінницькій (77,43%). Найнижчий рівень оранки зафіксовано на Закарпатті – 35,9%.

Виходячи з цього, слід наголосити, що оранка великих площ призводить до розвитку процесів водної та вітрової ерозії, що призводить до втрати родючого верхнього шару ґрунту, значного зменшення товщини ґрунту та, перш за все, втрати гумусу та, як наслідок, зниження потенційної родючості.

Наразі для обробітку ґрунту використовується промислова технологія, яка вимагає інтенсивної механічної дії на ґрунт, що призводить до високих витрат на обробку. Крім того, спостерігаються порушення технології удобрення (органічного та мінерального) та порушення сівозміни. Все це призводить до погіршення структури ґрунту та значного зниження вмісту гумусу в ґрунті [2,32,33].

Важливим моментом є те, що традиційний обробіток ґрунту викидає в повітря значну кількість вуглекислого газу; Під час оранки протягом дня виділяється 54 кг CO<sub>2</sub> на гектар [32,34]. Сільське господарство відповідає за одну п'яту частину збільшення рівня вуглекислого газу в атмосфері.

Крім того, український сільськогосподарський сектор стає дедалі вразливішим до зміни клімату: тривалої посухи, надзвичайно високих температур, нерегулярного та короткочасного зволоження у вигляді опадів, що змінюються посушливими періодами. Стресові фактори мають особливо негативний вплив на культури, які не можуть протистояти руйнівному впливу опадів та суховітру на початку вегетаційного періоду та потребують заходів щодо збереження вологи та стабілізації вологопостачання [2, 32, 33, 35].

Водночас, українське сільське господарство потребує комплексної модернізації, оновлення та впровадження інновацій. За оцінками, частка високотехнологічних технологій в аграрному секторі на підприємствах нашої країни становить 3-9% або 12-16% від показників провідних компаній світу [28,32].

Дослідження та впровадження сучасних технологій обробітку ґрунту, що забезпечують підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, є надзвичайно актуальним кроком у розбудові сучасного аграрного сектору країни. У періоди дефіциту опадів необхідно адаптувати технології обробітку ґрунту для максимального збереження та зберігання вологи з метою досягнення стабільної врожайності та зниження виробничих витрат.

Отже, втрати потенційної родючості ґрунту можна уникнути, впроваджуючи раціональні (сучасні) або ґрунтобезпечні технології обробітку ґрунту, які зменшують процеси ерозії ґрунту, підтримують його потенційну родючість, підвищують посухостійкість та значно знижують виробничі витрати за рахунок мінімізації витрат палива.

Основою сучасних підходів до сільськогосподарського виробництва є нові технології мінімального та нульового обробітку ґрунту з використанням спеціальної сільськогосподарської техніки та нетрадиційних агрономічних прийомів, які належать до категорії ресурсозберігаючих технологій [6, 34, 35, 49].

Науковий та практичний досвід показує, що ресурсозберігаючі технології мають низку переваг за сприятливих сільськогосподарських ґрунтово-кліматичних умов [8, 15, 27, 33]:

- Структура землі покращується;
- підвищується стабільність врожайності зерна;
- Витрати зменшуються, а рентабельність виробництва підвищується.

Результати діяльності кількох господарств показують, що застосування мінімального обробітку ґрунту та стерньового посіву на карбонатних ґрунтах дає змогу отримувати відносно високі врожаї зернових культур зі значною економією ресурсів.

Мінімальний обробіток ґрунту — це поверхневий обробіток ґрунту на всіх полях сівозміни шляхом поєднання технологічних процесів та прийомів.

Поєднання операцій лушення та культивації дозволяє краще контролювати бур'яни.

- немає інтервалу між передпосівною обробкою ґрунту та посівом;
- зменшується кількість проходів агрегату по полю, що зменшує ущільнення ґрунту;
- знижується загальна енергоємність обробки ґрунту та сівби, підвищується продуктивність праці та зменшується витрата палива;
- збільшується термін служби універсальних інструментів.

Мета мінімальної обробки ґрунту полягає в тому, щоб якомога менше порушувати природний склад ґрунту та зберегти якомога більше рослинних і поживних залишків [5, 13, 24, 27]. Можна виділити такі позитивні аспекти:

- Шляхом незначного порушення складу ґрунту зберігається більшість природних ґрунтових каналів і тріщин і створюються кращі умови для руху вологи, що відіграє важливу роль у підтримці та збереженні вологоємності ґрунту та запобіганні застою води на поверхні ґрунту, вимиванню та водній ерозії.
- шар рослинних залишків захищає ґрунт від впливу вітру та води, які викликають ерозію ґрунту;
- Ґрунтообробні машини, що працюють на глибині обробки до 10 см та мають комбіновані технологічні процеси, потребують менше палива та мастильних матеріалів на гектар ріллі.
- Утворена солома утримує сніг і зменшує випаровування поверхневої вологи.

Слід зазначити, що обмежена вологість ґрунту в більшості регіонів Польщі призводить до ущільнення верхнього шару ґрунту та вимагає його руйнування. Крім того, при вирощуванні зернових культур з мінімальним обробком ґрунту фосфор накопичується у верхній частині польового

горизонту та не засвоюється рослиною за нестачі вологи, що призводить до втрат врожаю.

З вищесказаного можна зробити висновок, що поєднання робіт з обробітку ґрунту має вирішальне значення для економії ресурсів та підтримки родючості ґрунту. Це демонструє необхідність розробки більш економічно ефективних, універсальних та багатофункціональних комбінованих ґрунтообробних знарядь для тракторів тягового класу 20–30 кН, які складають основу сільськогосподарських підприємств.

## **1.2 Аналіз конструкцій комбінованих ґрунтообробних машин**

Для обробки поверхонь розроблені та виготовлені машини, що відрізняються за різними конструктивними схемами [6, 26, 29, 39]. Класифікація обладнання для обробки поверхонь за принципом реалізації конструктивної схеми показана на рисунку 1.5. Наразі в Україні спостерігається тенденція до збільшення потужності тракторів.

Систему верстатів для обробки поверхонь удосконалюють шляхом впровадження нових інструментів у поєднанні з різними типами робочих органів. Загальна класифікація робочих частин інструментів для обробки поверхонь показана на рисунку 1.6. Цю класифікацію можна використовувати при проектуванні робочих органів та комбінованих ґрунтообробних знарядь [11, 31, 32, 34]. Останнім часом інструменти з дисковими робочими органами все частіше використовуються для обробки поверхневого шару в Україні, США, Канаді та Франції [41]. Це пов'язано з поступовим переходом до мінімального обробітку ґрунту. Диски найчастіше використовуються для роботи на важких і твердих ґрунтах, що сприяє підвищеному зносу робочих органів.

Незважаючи на різноманітність сучасних конструкцій агрегатів для сучасних технологій обробітку ґрунту та їх виробників, структурна схема агрегатів наразі залишається в цілому незмінною та складається з таких

основних елементів:

- 1) Рама у вигляді жорсткої зварної конструкції з агрегатним пристроєм;
- 2) Робочі секції (кілька рядів стрілоподібних зубів з радіальним підвісом, зубчасті секції борони, притискні або пластинчасті катки [6,8,23]);
- 3) Системи внесення добрив (поверхневе або в ґрунт);
- 4) GPS-навігація.

Під час аналізу конструкцій установок (рис. 1.7) від AMAZONE (Німеччина) зазначається, що технологія працює у два непов'язані етапи. На першому етапі ґрунт обробляється смугами з одночасним удобренням підґрунтя агрегатом; На другому етапі культури висівають безпосередньо. Цей принцип також використовується виробниками сільськогосподарської техніки у Сполучених Штатах.



Рисунок 1.7 – Комбінований обробіток ґрунту Amazon

Аналіз діяльності компанії HORSCH (Німеччина) показав дещо інші напрямки розвитку, а саме те, що компанія виробляє складні (комбіновані) агрегати (рис. 1.8), які виконують внесення мінеральних добрив, безпосередній обробіток ґрунту та посів насіння сільськогосподарських культур за одну операцію.



Рисунок 1.8 – Комбінований ґрунтообробний агрегат Focus 3 TD

Виробники сільськогосподарської техніки Mzuri (рис. 1.9a) та Claydon (рис. 1.9b) (Англія) також були обрані для аналізу, оскільки вони розробляють компактні (комбіновані) машини з робочими органами для обробітку ґрунту з одночасним посівом насіння. Моделі цих виробників оснащені рейковими механізмами відкривання дверей, які жорстко закріплені на рамі машини. Сошники закріплені на рамі, але опорне колесо забезпечує індивідуальне ведення по глибині сошника. Зазвичай машини цього типу використовуються лише після оранки ґрунту; Їхнє головне завдання — розпушувати та подрібнювати. А машини Клейдона мають лише одне завдання: розпушувати ґрунт.



а



б

Рисунок 1.9 – Комбінований ґрунтообробний агрегат Focus 3 TD

Аналіз діяльності компанії ТОВ «Агромаш-Калина», що працює у Вінницькій області, виявив такі напрямки розвитку: Компанія виробляє комплексні (комбіновані) агрегати, що виконують внесення мінеральних

добрив, суцільний прямий обробіток ґрунту та посів сільськогосподарських культур за одну операцію. Компанія також виробляє ґрунтообробну техніку для суцільного обробітку ґрунту перед посівом. Отже, на цій основі, для впровадження сучасних технологій, необхідно налагодити виробництво власного вітчизняного обладнання для їх використання, яке буде конкурентоспроможним на світовій арені.

На основі аналізу рекомендується порівняти переваги комбінованого та роздільного принципів обробки. Переваги кожного принципу перелічені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Основні переваги принципів реалізації смугової технології обробітку ґрунту

Комбінований принцип	Принцип розділення
1	2
Збереження ресурсів	Ефективне використання оптимального часу для посіву насіння
Відносно менша потреба в потужності трактора	Прямий посів не залежить від повільнішого процесу обробітку ґрунту.
Не потрібна інтегрована система GPS-керування RTK	Посів можна проводити лише вдень, обробіток ґрунту – 24 години на добу
Усунення погодних впливів між обробітком ґрунту та сівбою	Важчі ґрунти (з вмістом глини понад 10%) можуть пересихати перед посівом.

Концепція загальної будови знаряддя для смугової технології обробітку ґрунту полягає в агрегуванні декількох секцій робочих органів один за одним, які виконують кілька операцій по кожному оброблюваному рядку.

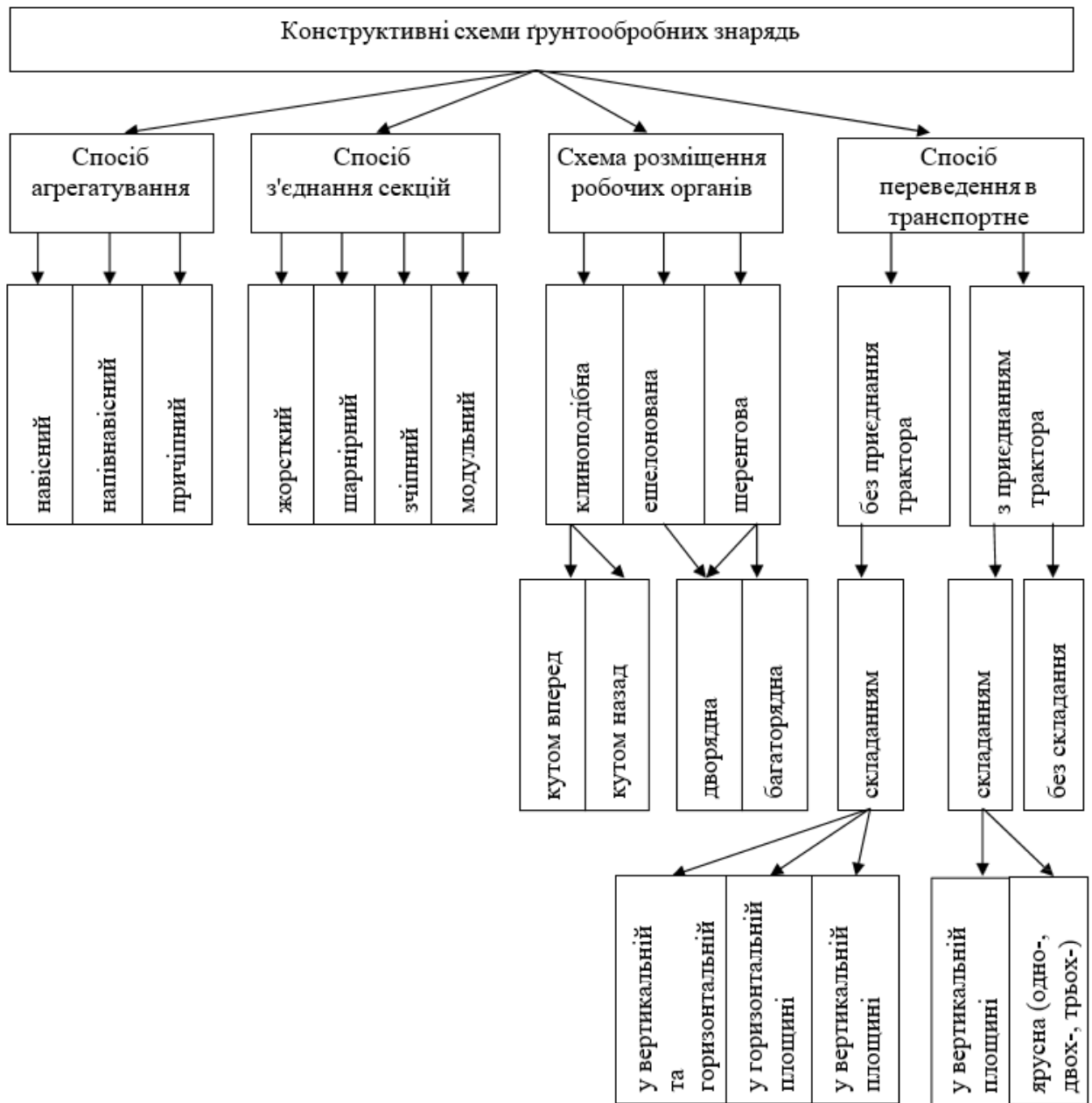


Рис. 1.10 Структурні схеми ґрунтообробного обладнання

Перевагою дискових лемешів є те, що вони не засмічуються навіть великою кількістю рослинних залишків і мають відносно низьку міцність на розрив порівняно з зубчастими та лемішними лемешами. Деякі конструктори пропонують зменшити відстань між дисками, щоб досягти чистої обробки поверхні та таким чином забезпечити вирівнювання дна паза. Однак це стосується лише ґрунтів з низьким вмістом вологи [9, 19].

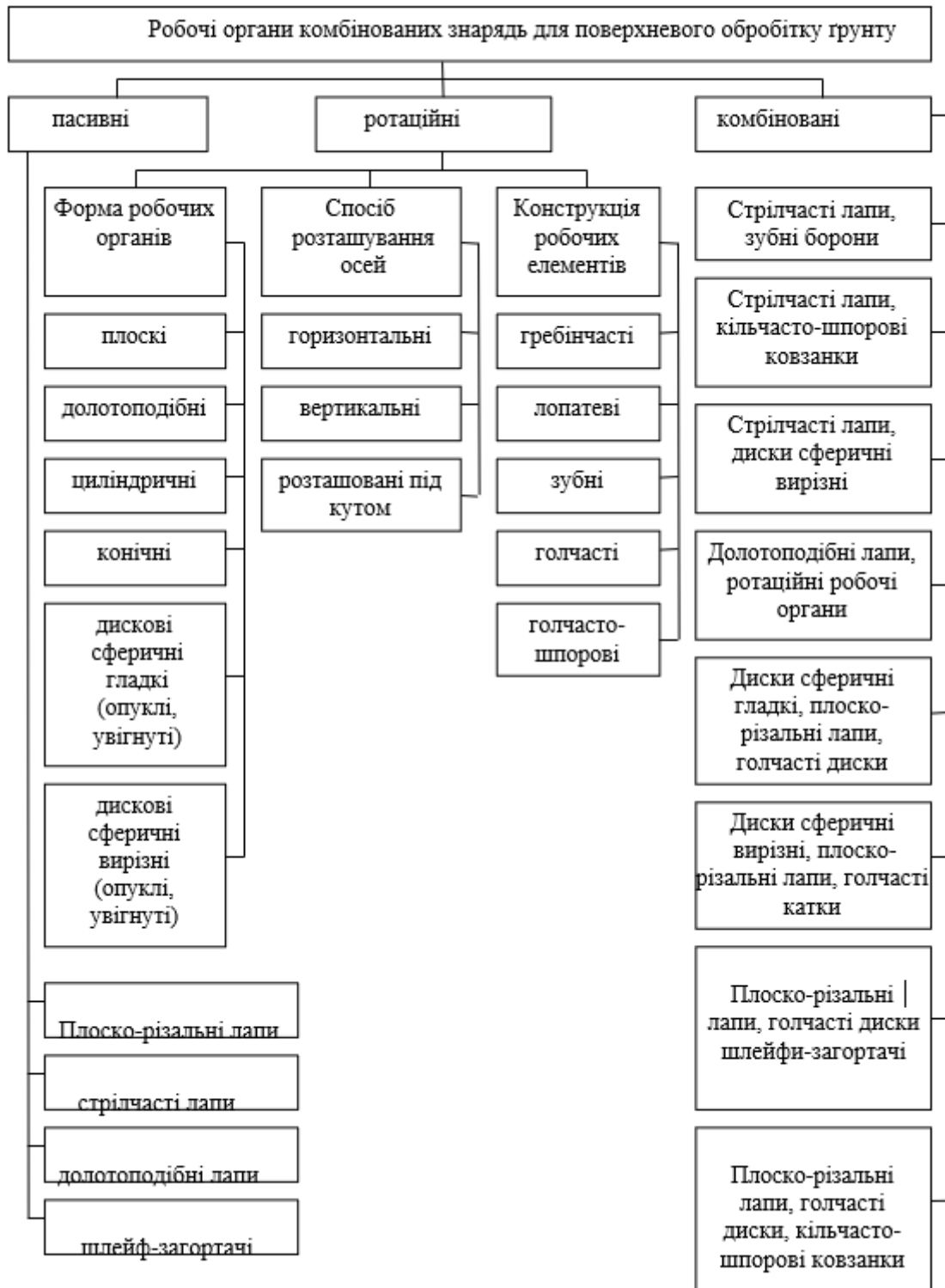


Рисунок 1.6 – Класифікація робочих елементів комбінованих пристроїв для обробки поверхонь

При комбінуванні зубчастих та дискових робочих елементів переважно використовуються дві технологічні конструктивні схеми, які відрізняються своїм взаємним розташуванням: переднє та заднє розташування дисків. Апарати з фронтальним розташуванням (відносно

зубів) дискових робочих елементів використовуються для обробітку ґрунту з твердістю поверхні до 2 МПа [13, 33].

До них належать комбіновані агрегати АПК - 6.0 та АКП-5 (рисунок 1.8), які призначені для основного обробітку ґрунту на глибину 8...16 см без обороту пласта під посів зернових культур після непарових попередників із твердістю ґрунту до 2 МПа. Слід зазначити, що більшість цих конструкцій знарядь з дисковими робочими органами для обробки поверхневого шару призначені для якісного виконання передпосівної обробки ґрунту [34].

Комбіновані агрегати серії АК

Агрегати призначені для основного передпосівного обробку ґрунту.

Ці багатоопераційні агрегати забезпечують оптимальну підготовку ґрунту під посів зернових особливо технічних та культур, при цьому одночасно виконуються наступні технологічні операції:

- вирівнювач та барабан розрівнюють ґрунт на глибину від 4 до 16 см. та підрізають бур'ян;
- загортач заортає та вирівнює сліди залиші лапами;
- двослідний каток вирівнює, подрібнює оброблений шар ґрунту;.

Агрегат підрізає шар ґрунту, вспушівает його, ущільнює і вирівнює поверхню обробленої ділянки, створюючи при цьому посівне ложе.

Агрегати прості в обслуговуванні і надійні в роботі, можуть використовуватися у всіх кліматичних зонах землеробства, на ґрунтах різного механічного складу.



Сучасні системи землеробства, які ґрунтуються на застосуванні робочих органів машин для полицевого, плоскорізного і чизельного обробітку ґрунту, лише за відповідної їхньої комбінації можуть зменшити втрати вологи, оптимізувати розміщення насіння у вологому шарі ґрунту, усунути потребу у додаткових проходах енергетичних засобів і мінімізувати негативну дію

ходових систем машин та агрегатів на ґрунт. Адже численні проходи ґрунтообробних машин та агрегатів полем призводять до надмірного ущільнення і деградації ґрунту.

Водночас наявні одноопераційні машини, зважаючи на особливості їхньої конструкції та роботи, не завжди спроможні задовольнити вимоги щодо підготовки ґрунту, оскільки за один прохід не забезпечують його необхідний фракційний склад. Мінімізувати проходи машин полем можна шляхом застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів із активними і пасивними робочими органами.

За потреби одночасного виконання неоднорідних операцій (наприклад, обробіток ґрунту, сівба та внесення добрив) із попереднім або без попереднього обробітку використовують багатофункціональні агрегати або комплекси. За умови застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів можна сумістити операції основного й поверхневого обробітку ґрунту, передпосівного, основного або передпосівного обробітку і внесення добрив, передпосівного обробітку ґрунту та сівби тощо. Комбіновані ґрунтообробні агрегати застосовують переважно для основного або для передпосівного обробітку ґрунту.

Перевагами комбінованих ґрунтообробних агрегатів є заміна 5 – 6 одноопераційних агрегатів одним, створення більш однорідного за щільністю обробленого шару ґрунту, скорочення витрат палива, затрат робочого часу, експлуатаційних витрат та термінів виконання робіт, а також збереження вологи у ґрунті. Важливою перевагою комбінованих агрегатів також є зменшення кількості проходів та переїздів тракторів і сільськогосподарських машин полем, внаслідок чого мінімізується ущільнення ґрунту, а отже, зменшуються й енергетичні витрати.

Але можна також відзначити, що зважаючи на свої конструктивні особливості, комбіновані агрегати не можуть повною мірою замінити одноопераційні машини, які, як і раніше, широко застосовують у землеробстві, оскільки вони призначені для виконання конкретних завдань, хоча і не завжди

можуть зрівнятися за показниками ефективності роботи із комбінованими агрегатами. Недоліками останніх є їхня значна вага, високий тяговий опір, а також відсутність технологічної універсальності. Тому повністю відкидати застосування одноопераційних машин і знарядь або ігнорувати комбіновані агрегати недоцільно та й непотрібно. Адже доцільність їхнього застосування слід визначати за конкретних господарських та ґрунтово-кліматичних умов.

### **Комбіновані агрегати основного обробітку ґрунту**



Компанія **Amazone** (Німеччина) виготовляє комбіновані ґрунтообробні агрегати Centaur, які забезпечують надійне та інтенсивне перемішування рослинних решток попередника із ґрунтом на середній глибині обробітку, а також глибоке розпушування. Залежно від варіантів застосування розроблено комбінації культиваторів Centaur Super та Centaur Special.

Centaur Super обладнано 4-рядною стійкою лап для обробітку ґрунту та двома рядами дисків. Культиватори також можна оснащувати подвійними копіювальними колесами, що застосовують на різноманітних агрофонах, на полях без попереднього збирання соломи із наступним проходом висівної техніки.

У конструкції культиваторів Centaur Special передбачено три ряди стійок лап та один ряд вирівнювальних дисків. Культиватори Centaur Special рекомендовано використовувати на полях, де практикують змішані системи землеробства та містяться післяжнивні рештки.

Крок сліду лап культиваторів Centaur становить 200–250 мм, що забезпечує розпушування та перемішування ґрунту всією шириною захвату.

Збільшена висота рами до 1050 мм у поєднанні зі зміщенням ряду лап забезпечує роботу культиватора без забивання навіть за наявності на полі великої кількості післяжнивних решток. Культиватори Centaur виготовляють із шириною захвату 3, 4 та 5 м, а на замовлення можна отримати – 6 і 7 метрів.

Для якісного комбінованого обробітку ґрунту німецька компанія **Lemken** пропонує культиватори «Кристал» – нове покоління агрегатів для комбінованого основного обробітку ґрунту. Ці культиватори прийшли на заміну відомим агрегатам «Смарагд», і поєднали у собі найкращі характеристики й переваги своїх попередників.

Культиватори «Кристал» вирізняють інноваційні, оригінальні лапи, розроблені конструкторами компанії «ТріМікс», із зігнутими напрямними частинами завширшки 47 см, які працюють із перекриттям та забезпечують відмінний результат. Зігнуті крила, закріплені на кінцях стрілочастих лап, досить інтенсивно перемішують ґрунт. На лапах першого ряду зігнуті крила розміщені на краях стрілочастих лап, а на лапах другого ряду вони дещо зміщені всередину. Така особлива форма, дизайн і розташування робочих органів на кожній із семи стійок дає змогу «Кристалу» досягти такої високої якості перемішування ґрунту під час роботи на глибині до 15 см. Ґрунт та післяжнивні рештки інтенсивно перемішуються за всією шириною захвату і глибиною обробітку й рівномірно розподіляються в оброблюваному шарі.

У культиваторах «Кристал» ряди стійок лап і конічні вирівнювальні диски розміщені таким чином, що ґрунт рівномірно розподіляється перед наступним рядом робочих органів, мінімізуючи ризик забивання. Своєрідне розміщення напівсферичних дисків для вирівнювання забезпечує роботу культиватора без так званого «ефекту валкування». Базова комплектація культиваторів «Кристал» оснащена автоматичною системою захисту від перешкод.

Компанія **Väderstad** (Швеція) виготовляє причіпні культиватори TopDown. Такий агрегат за один прохід виконує кілька операцій – подрібнює, перемішує, розпушує, вирівнює та прикочує ґрунт. Після обробітку цим

культиватором, незалежно від того, яким був попередник, можна відразу сіяти. Зазвичай TopDown обробляє поля на глибину 18–20 см, а за потреби глибину можна збільшити до 30 см.

Також добре продумана конструкція робочих органів культиватора: спереду встановлено два ряди дисків діаметром 450 мм, які виготовлені зі зносостійкої сталі V-55. Диски подрібнюють рослинні рештки попередника та бур'яни і змішують їх із верхнім шаром ґрунту. Глибину ходу дисків можна безступенево регулювати під час роботи безпосередньо із кабіни трактора.

Для розпушування ґрунту на стійках можуть бути прилаштовані долота завширшки 50, 80 або 120 мм. Одночасно з долотами 80 та 120 мм можуть бути встановлені стрічасті крила завширшки 300 мм, які підрізають та підіймають шар ґрунту за всією шириною. У такій комплектації агрегат можна використовувати як культиватор для суцільного обробітку ґрунту. Завдяки крилам подрібнюються і знищуються бур'яни й падалиця культурних рослин.

Для підвіски стійок розпушувальних лап використано гідравлічну систему. В разі зіткнення із тимчасовою перешкодою спрацьовує гідроциліндр, лапа відхиляється у вертикальній площині на потрібний кут, а після проходження перешкоди повертається в початкове положення. Тиск у гідросистемі підвіски лап регулюється розподільником і відображається на манометрі.

Ряд дисків, розміщених позаду розпушувальних лап, вирівнюють поверхню. Завдяки гумовій підвісці вирівнювальних дисків забезпечується добре копіювання поверхні. Висоту розміщення вирівнювальних дисків можна плавно змінювати під час роботи з кабіни за допомогою гідравліки.

Завдяки оригінальній конструкції підвіски котки культиваторів TopDown витримують усі динамічні та коливальні навантаження, забезпечуючи довговічність котка. Масивні металеві котки діаметром 600 мм прикочують ґрунт, додатково подрібнюють грудки верхнього шару до дрібногрудочкуватого стану, вирівнюють та ущільнюють поверхню, таким чином запобігають втратам вологи.

Для суцільного обробітку ґрунту компанія **Horsch** (Німеччина) виготовляє комбіновані агрегати Tiger MT. Характерними особливостями яких є глибоке розпушування ґрунту, здатність інтенсивно подрібнювати та змішувати рослинні рештки й обробляти поля із великою кількістю решток, можливість використання на ґрунтах різного механічного складу та велика вирівнювальна здатність.

Основними робочими органами агрегатів Tiger MT є 2-рядна дискова борона та 2-рядний культиватор, завдяки яким машина відмінно подрібнює та змішує велику кількість післяжнивних решток навіть великого розміру (стебла кукурудзи, соняшнику тощо) на ґрунтах різноманітного механічного складу.

За двома рядами дисків, діаметр яких становить 68 см, розміщено два ряди розпушувальних лап зі стійками MulchMix для глибокого розпушування з так званим блоком безпеки, який розроблено спеціально для нового покоління культиваторів Tiger. Відстань між стійками лап становить 45 см по фронту машини. У разі тимчасових перешкод – спрацьовує запобіжний пристрій. Сила спрацювання дорівнює 500 кг. При цьому лапа відхиляється на 30 см.

Позаду розпушувальних лап, перед ґрунтоуцільнювачем, розміщена 1-рядна система дисків, головним завданням якої є вирівнювання поверхні ґрунту. Для оптимального копіювання поверхні поля та запобігання потраплянню каменів у систему кріплення вирівнювальних дисків передбачено гумові демпфери.

Колісний уцільнювач ґрунту, який розміщений вслід за вирівнювальними дисками, завдяки колесам великого діаметра (78 см) та котку TopRing уцільнює ґрунт, а отже, не дає змоги надмірно випаровуватися запасам ґрунтової вологи.

Для суцільного обробітку ґрунту компанія **Kuhn** (Франція) пропонує комбіновані багатофункціональні агрегати Cultimer. Вони призначені для інтенсивного та ефективного обробітку стерні на різну глибину. Поєднання культиваторних лап або долот, вирівнювальних дисків та котка забезпечує

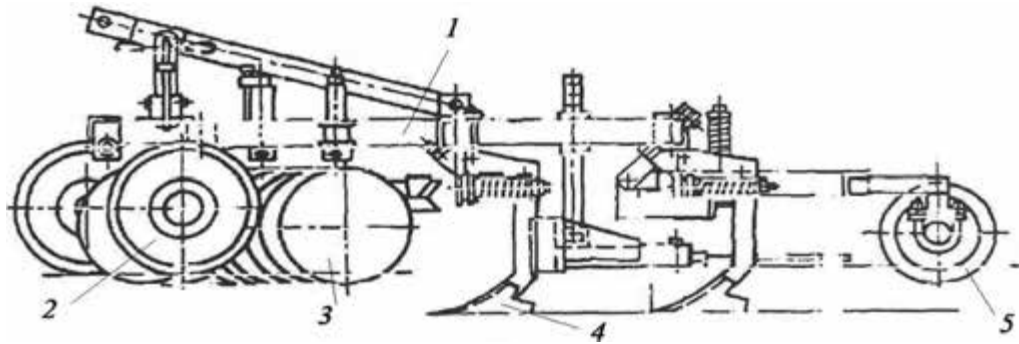
якісне підрізання та знищення бур'янів, кришіння ґрунту, активне перемішування рослинних решток, вирівнювання поверхні й прикочування ґрунту.

Універсальність культиваторів Cultimer досягається завдяки двом варіантам комплектації – культиваторним лапам завширшки 35 см для поверхневого обробітку ґрунту та долотам для глибокого обробітку завширшки 8 см. Зігнута форма стійок лап забезпечує якісне перемішування післяжнивних решток із ґрунтом. Дефлектор стійки підсилює розпушування ґрунту й сприяє подрібненню рослинних решток та більш рівномірному їхньому розміщенню всією шириною культивації. Стрілчасті лапи забезпечують суцільний обробіток усього поверхневого шару ґрунту та суцільне підрізання коренів бур'янів.

На ті частини стрілчастих лап та долот, які найбільше спрацьовуються, наносять тришарове карбідне покриття, що збільшує термін експлуатації знаряддя. Для зменшення спрацювання головки гвинтів, які кріплять долота чи лапи до стійок, захищені приливами.

На всіх моделях культиваторів Cultimer рама має висоту 84 см, що дає змогу працювати без забивань навіть на полях із великою кількістю післяжнивних решток. Крок розміщення стійок у ряду, який дорівнює 70 см, та відстань між рядами стійок, яка становить від 900 до 1240 мм, залежно від моделі, зменшують ризик забивання культиватора.

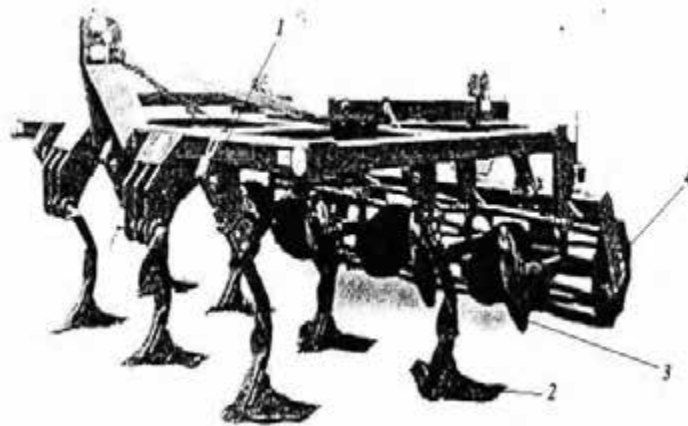




1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – дискова батарея; 4 – стрілочасті лапи; 5 – каток, що прикочує

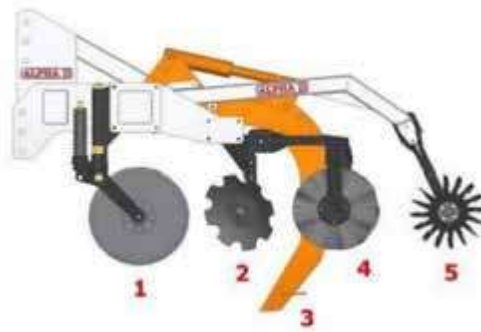
Рисунок 1.4 – Агрегат ґрунтообробний комбінований АПК-5

В особливих кліматичних умовах землеробства, де ґрунт піддається вітровій ерозії, поверхня поля після проходження знаряддя повинна бути вирівняною і мати шар, що мульчує, що забезпечує стійкість ґрунту до вітрової і водної ерозії. Тому більшість знарядь з комбінованими робочими органами забезпечуються шлейфами і котками, що прикочують різних типів: гладкими циліндричними, трубчастими, кільчасто-шпоровими, кільчасто-дисковими, прутковими. Каток, що прикочує, впливаючи на верхній шар ґрунту, вирівнює і мульчує його, що сприяє збереженню вологи [7, 28].



1 – рама; 2 – робочий орган культиватора; 3 – диск; 4 – каток, що прикочує

Рисунок 1.5 – Культиватор SMARAGD



1 – рiжучий робочий орган; 2 – розчищаючий робочий орган; 3 – рихлячий робочий орган; 4 – розпушуючий робочий орган; 5 – мульчуючий робочий орган

Рисунок 1.11 – Схема секцій робочих органів ґрунтообробного комбінованого АПК-5

Одні із найбільш відомих та поширених моделей на ринку таких агрегатів виробляються фірмами Carrotech, Schlagel і John Deere.

Заднє розташування дисків щодо лап використовується зарубіжними фірмами в конструкціях знарядь для поєднання основної та поверхневої обробітку ґрунту з твердістю орного шару до 3,5 МПа [33, 47].

Досвід використання даного виду культиваторів показує, що при проведенні передпосівної обробки ґрунту не завжди якісно проводиться вирівнювання ґрунту, відбувається винесення нижніх вологих шарів ґрунту на поверхню, що є порушенням агротехнічних вимог.

Від вибору схеми розташування дискових робочих органів щодо лапових залежать агротехнічні та енергетичні показники роботи знаряддя.

Переднє розташування дискових робочих органів щодо плоскорізальних забезпечує кращу якість знищення бур'янів і кришення шару, що обробляється, при деякому зниженні тягового опору знаряддя [34, 63, 80].

Але на переущільнених ґрунтах буває недостатньо вертикального зусилля для заглиблення робочих органів на необхідну глибину обробітку, отже, не забезпечуватимуться агротехнічні вимоги щодо глибини обробітку. Спостерігається таке явище, як винесення рослинних залишків, зароблених у ґрунті дисками, що йдуть позаду лап.

При задньому розташуванні дискових робочих органів щодо лапових

заглиблююча здатність знаряддя визначається в основному параметрами лап, оскільки дискові робочі органи обробляють частково розпушений поверхневий шар, що позитивно впливає на стійкість ходу по глибині. У цьому випадку поверхневий шар інтенсивніше кришиться, а рослинні залишки повністю перемішуються в розпушеному шарі ґрунту, закладається розвальна борозна [8, 14, 27, 34].

Проведений аналіз конструктивних схем вітчизняних та зарубіжних культиваторів показав їхню різноманітність. Аналіз роботи знарядь при поверхневій обробці ґрунту під посіви зернових культур показує, що недоліками використовуваних машин є неякісне фарбування грудок, винесення нижніх вологих шарів ґрунту на поверхню, погане копіювання рельєфу поля, що негативно позначається на якості посіву насіння, їх схожості та їх схожості. [1, 6, 11, 22, 26, 37].

Тому новостворені знаряддя повинні бути забезпечені змінними робочими органами для основного і поверхневого обробітку ґрунту, дисковими робочими органами, що вирівнюють і розпушують, а також котками для вирівнювання, підґрунтового прикочування і мульчування верхнього шару.

Знаряддя, що розробляються можуть бути навісними, напівнавісними або причіпними.

Таким чином, необхідність виконання поверхневої обробки ґрунту, зокрема передпосівної обробки, в оптимальні агротехнічні терміни потребує обґрунтованого вибору конструктивної схеми комбінованої ґрунтообробної знаряддя, здатної за один прохід з високою якістю підготувати ґрунт під посів. Також потрібна систематизація за основними конструктивно-технологічними параметрами та критеріями виконання технологічного процесу.

### 1.3 Аналіз науково-дослідних робіт з обґрунтування конструкцій ґрунтообробно-посівних агрегатів

Удосконалення існуючих та створення нових ґрунтообробних знарядь потребує обґрунтування основних конструктивно-технологічних параметрів знаряддя та режимів його роботи з метою досягнення необхідних агротехнічних та енергетичних показників роботи агрегату. Ця мета досягається вирішенням задачі оптимізації параметрів системи за одним із основних показників. Як критерій оптимізації для знарядь поверхневої обробки ґрунту приймається тяговий опір, ступінь кришення ґрунту, стійкість ходу робочих органів по глибині або вирівняність поверхні поля після обробки. Отримані таким чином залежності використовуються для аналізу технологічного процесу роботи знаряддя, обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи. Агротехнічні та енергетичні показники роботи ґрунтообробних знарядь багато в чому залежать від типу та параметрів робочих органів, схеми розміщення робочих органів на рамі знаряддя, місця розташування опорних коліс та приєднувального пристрою на рамі знаряддя. Схема розміщення робочих органів має бути підібрана так, щоб виключалася можливість забивання між сусідніми робочими органами бур'янів, стернів і грудками оброблюваного пласта ґрунту, що залежить від зони поширення його деформації під дією робочих органів. Разом з тим обробка поверхні поля повинна здійснюватися без перепусток та огріхів, робочі органи необхідно розташовувати з перекриттям [30].

Важливий внесок у створення єдиної теорії ґрунтообробних знарядь належить академіку В. П. Горячкіну. Було закладено основи динаміки сільськогосподарських агрегатів та принципів положення стійкості ходу робочих органів ґрунтообробних знарядь. Він зазначив, що стійкість ходу агрегату не може бути вирішена лише на основі законів статички, а потребує детального вивчення за допомогою рівнянь динаміки [23, 24, 38]. Його роботи дозволили надалі багатьом дослідникам виявити основні причини, що

зумовлюють коливальний характер навантаження, а також поглибити теорію обробки ґрунту.

В даний час для визначення якісних показників роботи ґрунтообробних знарядь набули великого поширення теоретичні методи дослідження шляхом моделювання процесу роботи. Складання моделей проводиться, в основному, за допомогою двох розділів теоретичної механіки: статичної та динамічної.

В останні роки все більше уваги вчених і практиків приділяється ґрунтозахисній обробці ґрунту, що мульчує. Доведено, що збереження вологи в ґрунті після обробки залежить не тільки від глибини обробки, а й від якості шару, що мульчує. Робочі органи, що створюють на поверхні поля добре розпушений прошарок ґрунту при мінімальному перемішуванні ґрунтових шарів, сприяють збереженню у ґрунті більшої кількості вологи.

При розробці нових комбінованих ґрунтообробних знарядь їх специфіка відбивається насамперед у їх моделях. Дослідження за допомогою моделей найчастіше є єдиним можливим способом вивчення технологічного процесу обробки ґрунту та обґрунтування раціональних параметрів робочих органів для забезпечення необхідної якості обробки без негативних наслідків для ґрунту.

Реалізація математичного моделювання процесу роботи агрегату на ПК до виготовлення машини в металі дозволяє не тільки заощадити кошти на розробку перспективних універсальних знарядь, але і значно зменшити обсяг експериментальних досліджень і тим самим прискорити їх впровадження в сільськогосподарське виробництво.

Методи фізичного та комбінованого фізико-математичного моделювання робочих органів знаходять все більше використання у практиці науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт. Експерименти з повномасштабними об'єктами техніки у зв'язку з ускладненням та ресурсонасиченням останніх стають все більш трудомісткими та дорогими, а їх проведення потребує значного часу.

Однак у багатьох роботах конструктивні параметри робочих органів

грунтообробних машин обґрунтовуються для конкретних типів ґрунтів та їх фізико-механічних властивостей. Але фактично на практиці спостерігається суттєве варіювання фізико-механічних властивостей ґрунту на різних ділянках одного й того самого поля протягом одного дня. Непостійність властивостей ґрунту значно ускладнює виконання вимог агротехніки та позначається на якості та продуктивності виконуваних робіт.

## РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ОСНОВНОЇ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ

### 2.1. Вибір технології обробітку ґрунту

Механічна обробка ґрунту відіграє важливу роль у формуванні врожаю на всіх типах ґрунтів за різних погодних умов. Багаторічними дослідженнями встановлено, що частка витрат у структурі собівартості зерна, що припадає на обробку ґрунту та посіву, становить по Росії в середньому 13...14 %, для умов Уралу та Сибіру ця частка наближається до 20 % [8, 10, 16]. Досі навіть серед фахівців існує думка, що ґрунт – це матеріал, що піддається обробці. Це хибна думка. Якісна обробка ґрунту сприяє накопиченню гумусу у верхньому шарі ґрунту та створює сприятливі умови для розвитку рослин [7]. Тільки тоді можна буде говорити про високі врожаї та ефективність галузі рослинництва. Отримання ґрунту із заданими властивостями та характеристиками залежно від культур, що вирощуються, завжди було дуже значущою проблемою. Завдання підготовки ґрунту можна вирішувати багатьма типами (видами) робочих органів, знарядь та тягових засобів. На практиці необхідно застосовувати технологію, знаряддя або агрегат, робота якого забезпечить максимальний прибуток [1, 13, 14, 25]:

$$П - З \Rightarrow \max \quad (2.1)$$

де П – вироблена продукція у грошах;

З – витрати (праця + капітал + енергія + матеріали) у грошовій одиниці.

Існуючі технології обробітку ґрунту розроблені стосовно певних ґрунтово-кліматичних зон, до певних економічних зон та екологічних ситуацій і вимагають багаторазового проходження агрегатів по полю.

На основі аналізу вимог різних культур до створення певної структури та щільності ґрунтів, з урахуванням необхідності накопичення вологи та

економічного її використання, а також економічних та екологічних факторів розроблено універсальну технологію обробки ґрунту [74], яка передбачає використання комбінованих та універсальних знарядь з робочими органами.

Вибрана технологія обробітку ґрунту включає: осіннє після-прибиральне поверхнєве розпушування по стерні на глибину 3–5 см, основне зяблеве безоборотне розпушування орного шару на глибину 10–16 см або чизелювання ґрунту на глибину 25–45 на глибину 3-5 см і передпосівний обробіток ґрунту на глибину 6-8 см зі створенням ущільненого насіннєвого ложа.

На рисунку 2.1 показана схема обробітку ґрунту, а на рисунку 2.2 – робочі органи машин для різних способів обробітку ґрунту.

Технологічний результат досягається наступними операціями з обробки ґрунту.

Перша операція – післязбиральне поверхнєве розпушування ґрунту по стерні на глибину 3–5 см, що виключає капілярне випаровування і провокує проростання насіння бур'янів (рисунок 2.1 а), дана операція може виконуватися легкими робочими органами ножової борони (рисунок 2.2 б), конічною диско-зубовою бороною (рисунок 2.2 в), важкою зубною голчастою бороною (рисунок 2.2 г), голчастою ротаційною бороною (рисунок 2.2 д), залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони землеробства.

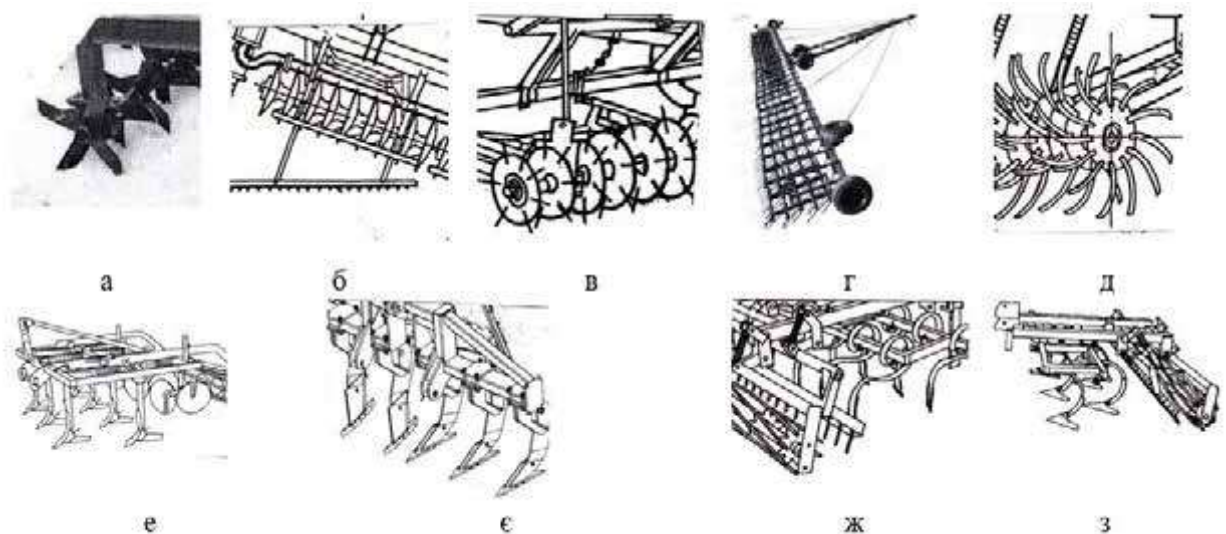


Рисунок 2.2 – Робочі органи машин для різних способів обробітку ґрунту

Друга операція – основне зяблеве необоротне розпушування на глибину 10–16 см залежно від фактичної глибини орного шару, яке одночасно знищує бур'яни, що зійшли, і культурні рослини від опалого насіння попередника (рисунок 2.1 б), обмежуючи або виключаючи. зерна.

Третя операція – чизелювання ґрунту на глибину 25–45 см (рисунок 2.1 в) для розщільнення плужної підшви, зі створенням пухкого горизонту, що дозволяє накопичувати вологу в нижньому шарі ґрунту, що виконується один раз у сівозміні. При оранці весняна волога після танення снігу зазвичай йде на змив родючого верхнього шару через відсутність умови поглинання, в результаті цього відбувається утворення паводків. У цьому найважливіше екологічне значення операції. Вона виконується знаряддями з чизельними робочими органами (рисунок 2.2 ж).

Четверта операція – весняне поверхневе розпушування на глибину 4–5 см (рисунок 2.1 г), яке завдяки знищенню бур'янів у початковій стадії їхнього розвитку обмежує застосування гербіцидів, сприяючи екологічній чистоті майбутнього врожаю.

Виконується ця операція блочно-модульними культиваторами серії КБМ з долотоподібними реактивними вібраційними вертикально-коливальними, поздовжньо-коливальними та гвинтоподібними робочими органами (рисунок 2.2 з).

П'ята операція – остаточна вирівнююча мульчувальна передпосівна обробка ґрунту реактивними вібраційними робочими органами зі стрілчастою лапою, коливальним вирівнювачем та гвинтовою підресореною бороною на глибину 6–8 см із створенням ущільненого насінневого ложа. «білих ниток», що остаточно виключає застосування гербіцидів та забезпечує екологічно чистий урожай (рисунок 2.2 і).

Впровадження обраної технології обробітку ґрунту дозволить:

- створити можливість рівномірного загортання насіння на задану глибину, потужного розвитку рослин з утворенням вторинної кореневої

системи та гарного кущіння;

- забезпечити стабільний тепло- волого-повітряний режим у посівному шарі;
- виключити водну та вітрову ерозію ґрунту;
- виключити застосування гербіцидів;
- виключити масове засмічення полів;
- виробляти екологічно чисту аграрну продукцію;
- гарантувати збільшення родючості ґрунту;
- обмежити утворення паводків.

Вибрана технологія обробки ґрунту враховує особливості ґрунтово-кліматичних зон, сівозміну, вид та місце культури у сівозміні.

## **2.2. Обґрунтування конструктивної схеми ґрунтообробно-посівного агрегату**

Вибрана технологія підготовки ґрунту до обробки сільськогосподарських культур передбачає розробку та створення нових комбінованих універсальних знарядь, що виконують кілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

Для виконання першої операції – поверхневого розпушування ґрунту – на раму знаряддя в передній частині повинні бути встановлені змінні робочі органи залежно від ґрунтово-кліматичної зони (рисунки 2.2 а, б, в, д), а в задній частині для вирівнювання та мульчування верхнього шару.

Для виконання другої операції в передній частині необхідно встановити стрілочасті робочі органи (рисунки 2.2 е), а в задній частині - ковзанки. Залежно від стану ґрунту та ланки сівозміни перша та друга операції можуть бути поєднані.

Для виконання третьої операції на раму в передній частині встановлюються чизельні робочі органи для глибокого розпушування (рисунки 2.2) і в задній частині – ковзанки для вирівнювання та подрібнення верхнього шару ґрунту.

Для переобладнання у комбіновані ґрунтообробні машини можна використати парові культиватори типу КПУ-4 і КПК-4, укомплектувавши їх додатковими робочими органами. Для КПК-4 – це оборотні лапи і рубчасті котки. Для КПУ-4 – це стрілчасті лапи з хвостовиком і зубові борони. Застосування таких агрегатів дозволить виконати основний і передпосівний обробіток ґрунту під будь-яку сільськогосподарську культуру. Найоптимальнішим є їх застосування після збирання просапних чи низько стеблових культур на полях середньої засміченості бур'янами. Такі знаряддя забезпечують розпушення родючого шару, збільшення водопроникності, загальної і некапілярної пористості ґрунту, що створює оптимальні умови росту і розвитку культурних рослин, сприяє підвищенню віддачі від мінеральних добрив. Все це забезпечує отримання високих врожаїв.

Для виконання четвертої та п'ятої операцій можуть бути використані блочно-модульні культиватори типу КБМ зі змінними модулями (рисунок 2.2 з). Залежно від ґрунтово-кліматичних умов та строків посіву оброблюваної культури четверта та п'ята операції, а також посів зернових культур можуть бути поєднані в одному агрегаті.

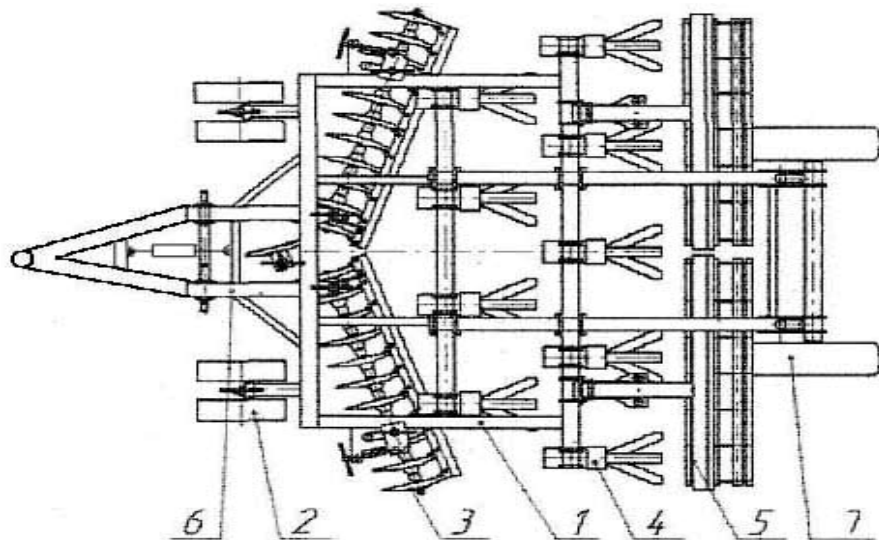
Таким чином, для виконання обраної технології обробітку ґрунту необхідні від трьох до п'яти окремих машин. Для фермерських господарств, що обробляють зернові культури на невеликих площах, мати самостійні знаряддя для виконання кожної операції економічно недоцільно.

Тому для фермерських господарств, які мають трактори класу тяги 20–30 кН, назріла необхідність створення одного комбінованого універсального знаряддя зі змінними робочими органами або модулями, здатної виконувати всі технологічні операції з обробітку ґрунту під час обробітку зернових культур.

Конструктивна схема пропонованого знаряддя представлена на рисунку 2.3.

На раму встановлюються три ряди робочих органів. Перший ряд (3) – робочі органи для виконання поверхневого розпушування ґрунту по стерні на

глибини 3–5 см, другий ряд (4) – змінні робочі органи для виконання основної обробки ґрунту на глибину 10–16 см, чизелювання ґрунту на глибину 25–45 см, весняного поверхневого мульчуючої передпосівної обробки ґрунту, третій ряд (5) – змінні ковзанки, для створення ущільненого насінневого ложа та вичісування бур'янів. Для одночасного посіву зернових культур причіпними сівалками передбачено причіпну серезжку. Як показали попередні дослідження, прилад для обробки ґрунту має бути напівнавісним (рисунок 2.3). У транспортному положенні передня частина гармати через причіпний пристрій 6 з'єднується з механізмом навішування трактора. Задня частина знаряддя в транспортному положенні спирається на пневматичні колеса 7, які при виконанні робочого процесу піднято вгору за допомогою гідроциліндрів трактора і не торкається поверхні поля.



1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – секції із дисковими робочими органами; 4 – лапи зі стійками; 5 – катки; 6 – причіпний пристрій з регульовальним гвинтом;  
7 – транспортні колеса

Рисунок 2.3 – Ґрунтообробно-посівний агрегат АПК-5

Для обґрунтування конструктивних властивостей знаряддя необхідно вибрати тип і параметри змінних робочих органів.

Ґрунтообробно-посівний агрегат АПК-5 застосовують у системі для основної і передпосівної обробки ґрунту в районах недостатнього зволоження. Обробіток ґрунту цим агрегатом виконують без обороту пласта.

Машина має дві секції. На рамі передньої встановлюють три дискові батареї й три плоскорізальні лапи; на задній - коток-розпушувач, зарівнювач і баластний ящик. Передню секцію навішують на трактор, а задню - приєднують причепом. Дискові батареї монтують зі сферичних або голчастих дисків. Зарівнювач монтують тільки за застосування сферичних дисків. Диски розпушують верхній шар ґрунту на глибину до 8 см, лапи підрізають пласт на глибину до 16 см, розпушують його і знищують бур'яни, зарівнювач вирівнює поверхню ґрунту, котки розбивають грудки ґрунту й ущільнюють. Ширина захвату - 2,5 м. Агрегатують із тракторами Джондір і Т-150К.

Для поєднання основного і додаткового обробітків ґрунту застосовують видозмінені плуги, у яких корпуси мають укорочені полиці, за якими встановлюють невеликі фрези або плуги чи культиватори з ножами, що обертаються у горизонтальній площині, тобто типу фрез. Такі агрегати найефективніші на важких заплавлених ґрунтах.

На основі раніше проведених досліджень виберемо та обґрунтуємо параметри робочих органів для універсальної знаряддя [14, 75, 19, 18, 34, 39, 44, 46].

#### *Дискові робочі органи*

характеризуються наступними параметрами (рисунк 2.4):

$D$ - Діаметр диска, м;

$R$  – радіус диска, м;

$\alpha$  – кут атаки, град;

$\alpha_0$  – глибина обробки, м;

$c$ - Висота гребенів, м;

$b'$  – ширина захоплення одного диска, м;

$b$ - Відстань між дисками, м.м.

У процесі роботи дискові робочі органи знімають верхній шар ґрунту зі стернів і рослинними залишками шириною  $b'$  і глибиною пекла, зашпаровуючи їх у ґрунт, створюючи шар, що мульчує, сприяє кращому вбиранню вологи в ґрунт в осінньо-весняний періоди. Значення  $b'$  та  $\alpha_d$

залежать від діаметра диска  $D$  та кута атаки  $\alpha$ . Для забезпечення кращого кришення ґрунту та обігу пласта, згідно з досвідченими даними [75, 44], прийнято значення  $D = 0,45$  м та кут атаки  $\alpha = 15\text{--}30^\circ$ .

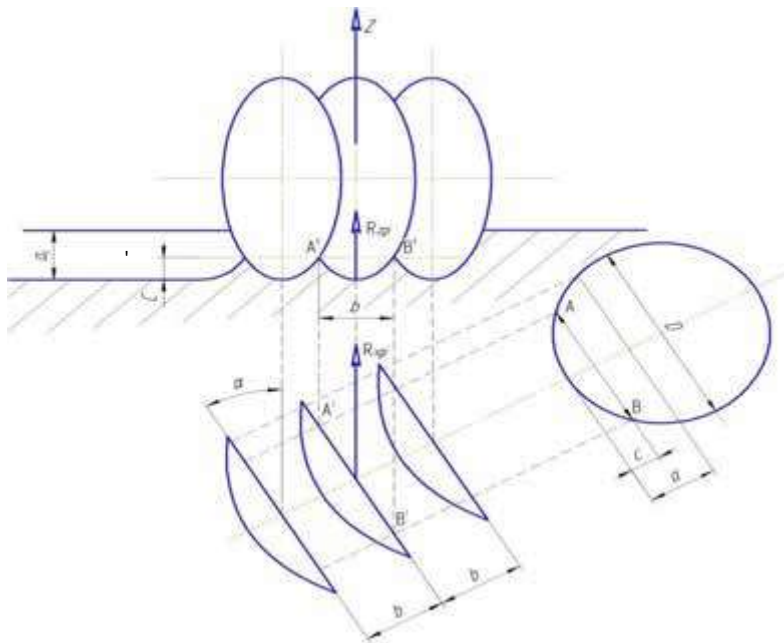


Рис. 2.4 – Схема роботи дискового робочого органу

Тяговий опір дискового робочого органу  $R_{хд\ i}$ , кН, визначається виразом [14, 44, 51]:

$$R_{хд\ i} = k_1 \cdot a_d \cdot b', \quad (2.2)$$

де  $k_1$  – питомий опір дискового робочого органу, кН/м<sup>2</sup>;

$a_d$  - глибина ходу дискового робочого органу, м.

З рисунку 2.4 випливає:

$$b' = 2\sqrt{a_d(D - a_d)} \sin \alpha, \quad (2.3)$$

Підставивши формулу (2.2) значення  $b'$  з (2.3), отримаємо:

$$R_{хд\ i} = k_1 \cdot a_d \cdot 2\sqrt{a_d(D - a_d)} \sin \alpha. \quad (2.4)$$

Підставляючи вихідні дані формулу (2.4), можна отримати величину тягового опору  $R_{хд\ i}$  при різних значеннях  $k_1$ ,  $a_d$  і  $\alpha$ .

Вертикальна сила

$$R_{zd\ i} = \sigma \cdot R_{xd\ i} \quad (2.5)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт:

$$\sigma = \frac{R_{zd\ i}}{R_{xd\ i}} \text{ при } \alpha = 20 \dots 30^\circ, \sigma = 0,4 \dots 0,8$$

Згідно з прийнятою технологією обробітку ґрунту, дискові робочі органи при виконанні технологічного процесу працюють на глибині до 0,05 м. Результати розрахунків тягового опору  $R_{xd\ i}$  при  $a = 0,05$  м, при різних кутах атаки  $\alpha$  та питомому опорі ґрунту  $k_1$  наведено на рисунку 2.5, а графіки зміни сили  $R_{zd\ i}$  показані рисунку 2.6.

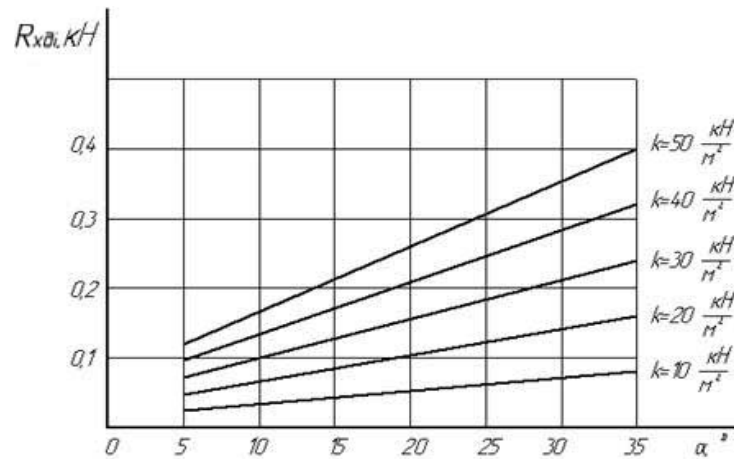


Рисунок 2.5 – Залежність сили  $R_{xd\ i}$  від кута атаки  $\alpha$  за різних  $k$ ,  $\alpha_d = 0,05$  м

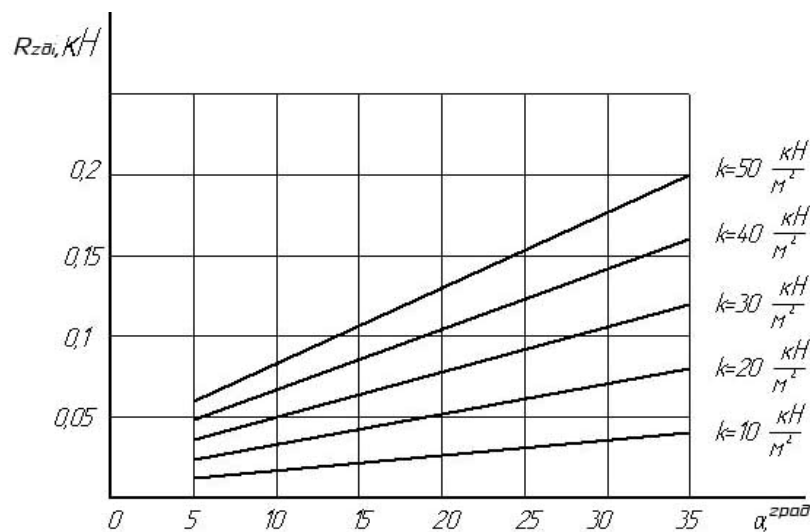


Рисунок 2.6 – Залежність сили  $R_{zd\ i}$  від кута атаки  $\alpha$  за різних  $k$ ,  $\alpha_d = 0,05$  м,  
 $\sigma = 0,5$

Отримані результати розрахунків використовуються при обґрунтуванні параметрів знаряддя.

*Лапа плоскорізна* характеризується наступними параметрами (рисунок 2.7):

$\alpha_{\text{л}}$  – глибина обробки, м;

$b_{\text{л}}$  – ширина захвату лапи, м;

$\alpha$  – кут постановки долота до дна борозни, град;

$\beta$  – кут кришення, град;

$\varepsilon$  – кут загострення леза, град;

$2\gamma$  – кут розчину лапи, град;

$\alpha_{\text{д}}$  – глибина ходу долота, м (для лап основного обробітку ґрунту);

$2\gamma_{\text{д}}$  – кут розчину долота, град;

$R_{\text{хл } i}$ ,  $R_{\text{зл } i}$ ,  $R_{\text{ул } i}$  – горизонтальні, вертикальні, бічні сили, що діють на лапи, кН.

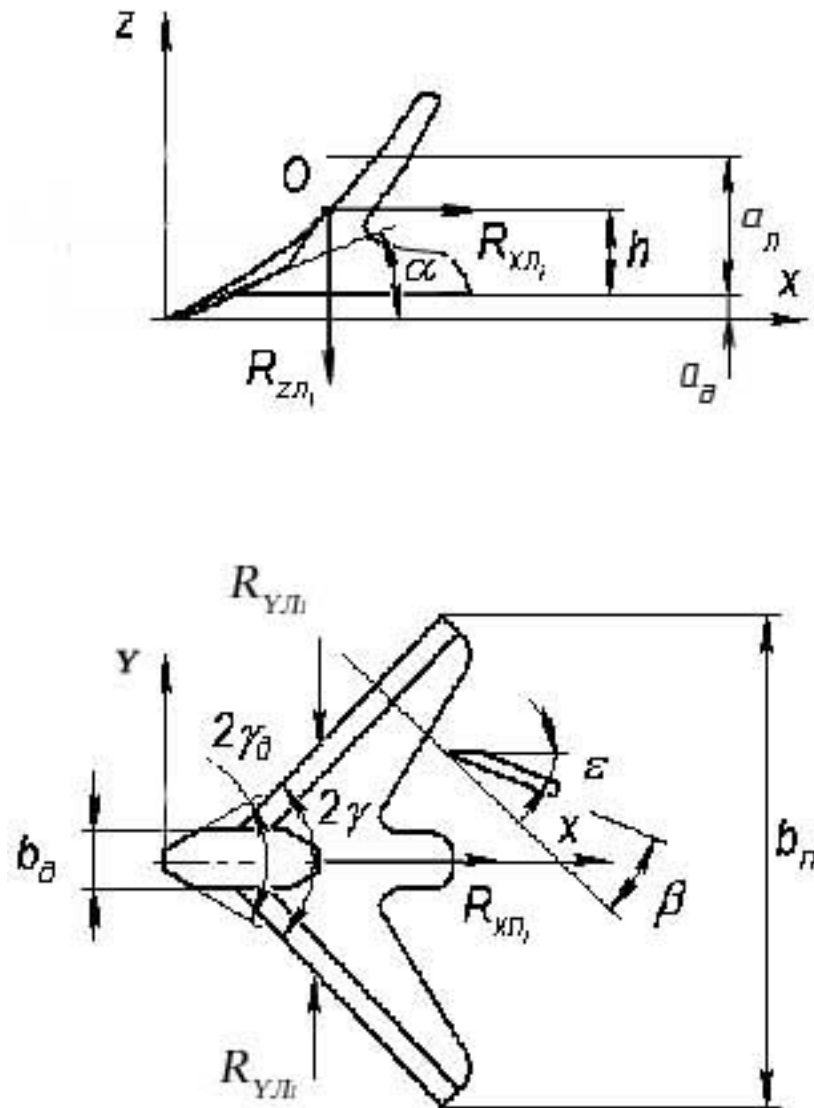


Рисунок 2.7 – Параметри стрілкової лапи та сили, що діють на неї у процесі роботи

Значення сил, що діють на лапи, залежить від їх параметрів та питомого опору ґрунту  $k$ . Відповідно до досліджень [11, 14, 36, 47, 46, 62, 80], раціональні значення параметрів лап, що забезпечують виконання агротехнічних вимог щодо кришення та рівномірності ходу по глибині, а також мінімум тягового опору для різних умов роботи, представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Раціональні значення параметрів лап

Найменування параметрів	Раціональні значення параметрів лапи для обробки ґрунту	
	основний	передпосівний
Глибина обробки ал, см	10–16	6–10
Ширина захвату бл, м	0,45-0,5	0,45-0,5
Кут розчину лап $2\gamma$ , град	67–75	70–78
Кут постановки долота до дна борозни $\alpha$ , град	15–22	-
Кут кришення $\beta$ , град	25–28	12–18
Кут загострення леза $\epsilon$ , град	6–10	18–22
Глибина ходу долота $\alpha_d = (a + \Delta a)$ , см	$10 \div 18 + (1 \div 4)$	-
Ширина долота бд, м	0,12	-
Кут розчину $2\gamma_d$ , град	80–85	-

При відомих значеннях параметрів лап сили, що діють на лапи, визначаються за такими формулами [14, 44, 47].

Для передпосівної обробки ґрунту:

$$R_{хл\ i}^п = k a_l b_l \quad (2.6)$$

де  $k$  – питомий опір ґрунту, кН/м<sup>2</sup>;

$a_l$  – глибина обробки, м;

$b_l$  – ширина захвату лапи, м.кв.

Тоді

$$R_{зл\ i}^п = \delta \cdot R_{хл\ i}^п \quad (2.7)$$

де  $\delta = \pm 0,2$ .

*Чизельний робочий орган* характеризується наступними параметрами (рисунок 2.10):

$a$ - Глибина обробки, м;

$\beta$  – кут постановки долота до дна борозни, град;

$d$ - Ширина захоплення долота, м;

$b$ - Ширина зони розпушування долота, м;

$R_{xi}$ ,  $R_{zi}$  - горизонтальні та вертикальні сили, що діють на чизельний робочий орган, кН.

Тяговий опір чизельного робочого органу складається з сил, що витрачаються на підрізання пласта ґрунту лезом долота та ножом стійки, на тертя ґрунту про долото та стійку робочого органу, на підйом та розпушування

грунту. Значення цих сил залежать від параметрів долота та стійки. Для практичних розрахунків значення сил, що діють на чизельний робочий орган із вертикальною стійкою, можна підрахувати за такими залежностями (рисунок 2.10) [14, 75, 91].

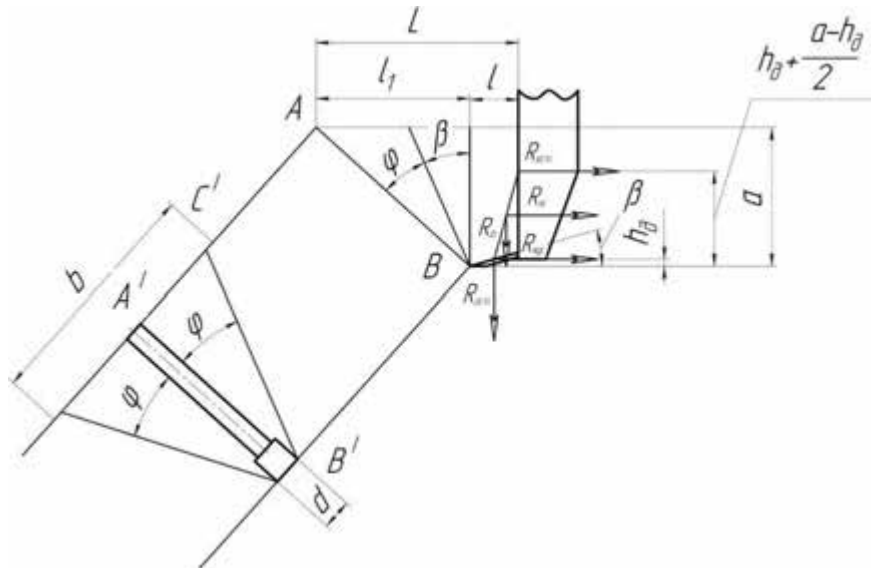


Рисунок 2.10 – Параметри чизельного робочого органу та сили, що діють на нього у процесі роботи

Горизонтальна сила опору чизельного робочого органу перебуває за такою формулою:

$$R_{xi} = R_{xst\ i} + R_{xd\ i} \quad (2.8)$$

де  $R_{xst\ i}$  - сила опору стійки чизельного робочого органу, кН;

$R_{xd\ i}$  - сили опору долота, кН.

Точки докладання сил  $R_{xst\ i}$  і  $R_{xd\ i}$  представлені рисунку 2.10.

Для практичних розрахунків використовується формула:

$$R_{xi} = \frac{kab}{2} \quad (2.9)$$

де  $k$  – питома опір чизельного робітника органу, кН/м<sup>2</sup>,  
 $k = 20 \dots 90$  кН /м<sup>2</sup>;

а- Глибина обробки, м,  $a = 0,20 \div 0,45$  м;

б- Ширина зони розпушування по поверхні поля, м. н.

Вертикальна сила опору чизельного робочого органу складається з таких складових:

$$R_{zi} = R_{zsti} + R_{zdi} = R_{xi} \cdot \delta \quad (2.10)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт пропорційності.

Для різних умов роботи  $\delta = 0,2-0,6$  і залежить від властивостей ґрунту, швидкості руху, глибини обробки та стану робочого органу [36, 37].

Для визначення ширини зон розпушування розглянемо зону деформації ґрунту перед та збоку від чизельного робочого органу.

Зона деформації ґрунту перед чизельним робочим органом  $L$  визначається як

$$L = l_1 + l \quad (2.11)$$

де  $l$  - Виліт долота щодо стійки, м;

$$l = l_d \cdot \cos \beta \quad (2.12)$$

де  $l_d$  - Довжина долота, м.м.

При  $l_d = 0,18$  м та  $\beta = 23^\circ$ ,  $l = 0,16$  м;

$l_1$  – зона деформації ґрунту перед чизельним робочим органом, м;

$$l_1 = atg(\beta + \varphi) \quad (2.13)$$

Тоді

$$L = atg(\beta + \varphi) + l_d \cos \beta \quad (2.14)$$

Зона деформації ґрунту збоку чизельного робочого органу  $b$  визначається за виразом (рисунок 2.10):

$$b = d + 2A'C' = d + 2A'B'tg\varphi \quad (2.15)$$

Значення зон розпушування  $L$  і  $b$  при  $d = 0,06$  м та глибини ходу чизельного робочого органу  $a = 0,2-0,45$  м представлені на рисунку 2.11.

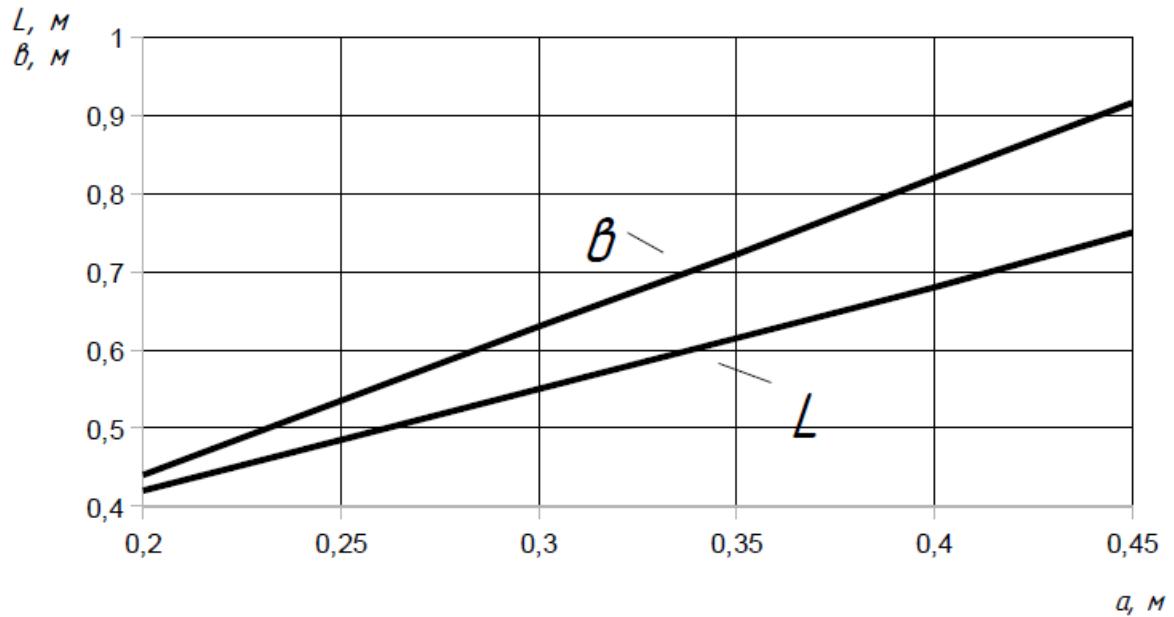
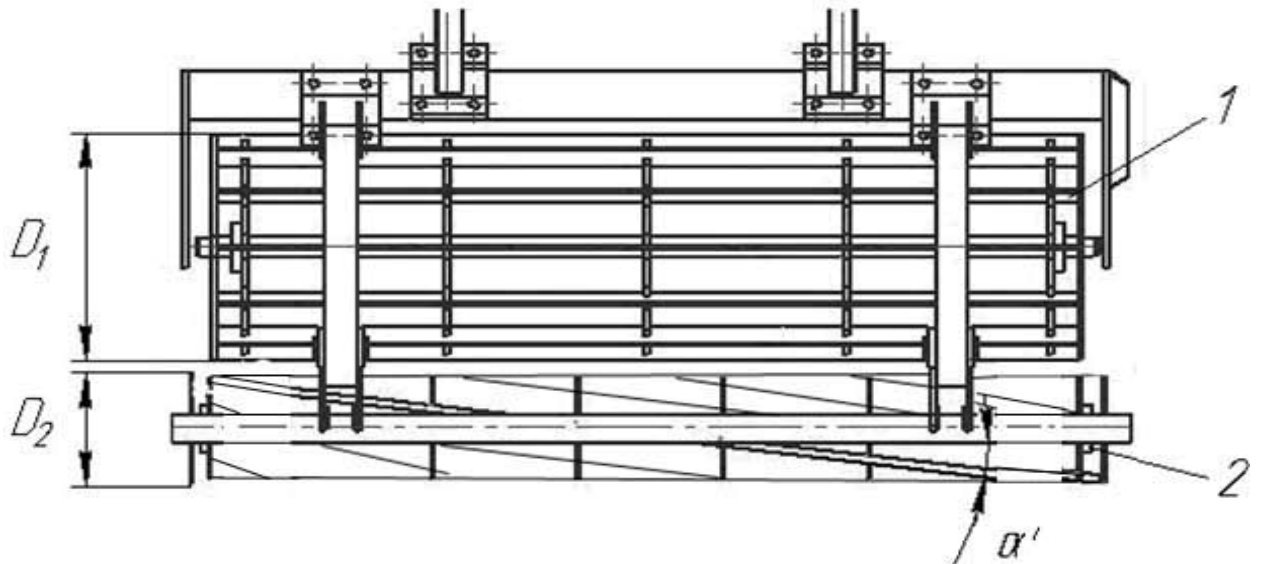


Рисунок 2.11 – Залежність зон деформації  $L$  та  $b$  від глибини ходу чизельного робочого органу при  $\varphi = 30^\circ$  та  $\beta = 23^\circ$

#### *Катки, що прикочують*

На знаряддя в залежності від виду обробки встановлюються два ряди ковзанок (рисунок 2.14). Катки першого ряду з планками прямокутного перерізу служать для подрібнення великих грудок, підгрунтового ущільнення ґрунту, виконуючи функцію опори задньої частини знаряддя. Катки другого ряду пруткові квадратного перерізу служать для вирівнювання поверхні поля, підгрунтового ущільнення на глибині посіву та мульчування верхнього шару ґрунту.

Відповідно до призначення на котках першого ряду планки встановлюються перпендикулярно до напрямку руху, на котках другого ряду кут постановки прутка до осі обертання  $\alpha'$  рекомендується встановлювати  $\alpha' \geq 28^\circ$ , тобто. більше кута тертя ґрунту про сталь.



1 – коток першого ряду; 2 – коток другого ряду

Рисунок 2.14 – Котки універсального ґрунтообробного знаряддя

Зі зменшенням радіусу катка збільшується кутова швидкість його обертання, що веде до більш інтенсивної дії на ґрунт, кращого її фарбування та винесення рослинних залишків та кореневої системи бур'янів на поверхню поля. Мінімальний радіус катка  $R_{min}$  залежить від глибини ходу катка (рисунок 2.15) [44, 47, 56]:

$$R_{min} = r + d + a_{k_2} \quad (2.16)$$

де  $r$  - Радіус валу катка, м;

$d$ - Діаметр частинок ґрунту, що потрапили всередину катка, м;

$a_{k_2}$  – глибина ходу катка, м.кв.

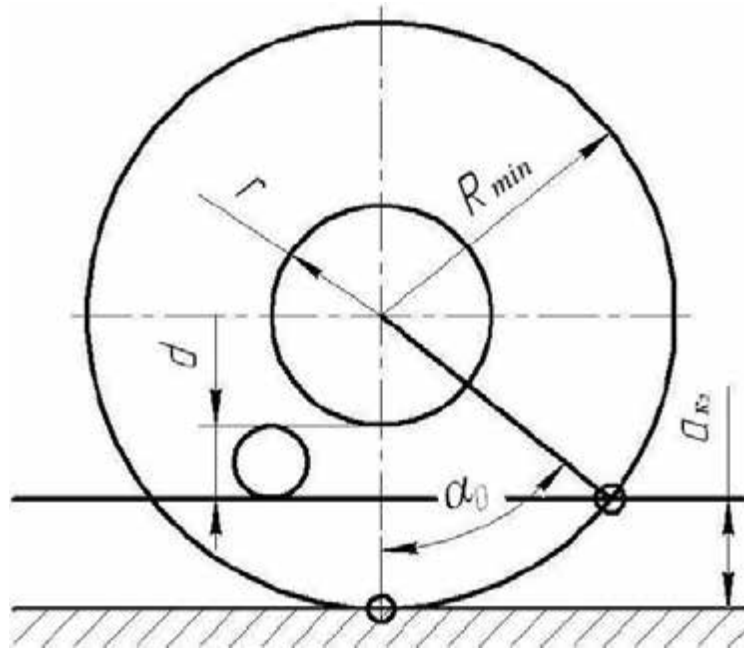


Рисунок 2.15 – Схема визначення мінімального радіуса катка

Кут повороту катка  $\alpha_0$  від вертикалі при вході дроту в ґрунт і виході з неї визначається за виразом:

$$\cos \alpha_0 = \frac{R - a_{k2}}{R} \quad (2.17)$$

#### 2.4. Обґрунтування ширини захвату, робочої швидкості руху та продуктивності ґрунтообробно-посівного агрегату

Проведений аналіз існуючих конструкцій комбінованих ґрунтообробних знарядь для тракторів класу тяги 20–30 кН показав, що в основному ці знаряддя не є універсальними, у більшості знарядь відсутні змінні робочі органи, вони не мають змоги агрегатуватися з іншими агрегатами, мають високу вартість. Тому розробка та впровадження універсального комбінованого ґрунтообробного посівного знаряддя для тракторів тягового класу 20–30 кН, здатного виконати основну обробку ґрунту, обробіток пари та поверхневу обробку ґрунту з одночасним посівом є одним із пріоритетних напрямків підвищення рентабельності виробництва зернових культур для фермерських господарств.

Використання універсальної комбінованої знаряддя дозволить виконати

весь обсяг польових робіт у фермерських господарствах та підвищити тривалість використання його протягом року.

На підставі розрахунків, зроблених за виразом (2.18), отримано залежність фактичного коефіцієнта використання тягового зусилля трактора від ширини захоплення знаряддя, питомого опору ґрунту при виконанні передпосівної обробки ґрунту з одночасним посівом на глибину 6 см, обробки пара на різну глибину 4 основної обробки ґрунту обробки ґрунту чизелями на глибину 25 см.

Розрахунки проведені для трактора JOHN DEERE, обладнаного здвоєними колесами 16,9R30, та тракторів тягового класу 3,0 на передачах, що відповідають основним робочим діапазнам, які застосовуються при виконанні різних технологічних операцій [4, 9, 13]. Прийнятим діапазном передач трактора John Deere є режими II-3, III-1, II-4, III-2, для тракторів тягового класу 3,0 – I, II, III, IV.

Аналіз поданих залежностей показує, що ширина захоплення комбінованої ґрунтообробної знаряддя в агрегаті з тракторами ХТЗ і Т-150К, тягового класу 20–30 кН, змінюється в залежності від виду виконуваних технологічних операцій, питомого опору ґрунтів і швидкості руху передач.

Згідно з розрахунками, оптимальна ширина захоплення комбінованої знаряддя при виконанні передпосівного обробітку ґрунту з одночасним посівом на глибину загортання насіння 6 см і питомим опором ґрунту  $k = 30$  кН/м<sup>2</sup> склала:

- для трактора JOHN DEERE: II-3 ( $V_p = 7,24$  км/год) - 5,5 м, III-1 ( $V_p = 8,64$  км/год) - 4,8 м, II-4 ( $V_p = 9,8$  км/год) - 4,3 м, III-2 ( $V_p = 11,5$  км/год) - 5;
- для трактора Т-150К: I ( $V_p = 6,62$  км/год) - 6,2 м, II ( $V_p = 8,53$  км/год) - 5,0 м, III ( $V_p = 10$  км/год) - 4,3 м, IV ( $V_p = 11,9$  км/год) - 3,5 м.

У разі збільшення питомого опору ґрунту до  $k = 60$  кН/м<sup>2</sup> значення ширини захоплення знаряддя знижуються до 2,1–3,7 м.

Для обробки пари на глибину 12 см стрілочастими лапами при питомому опорі ґрунту  $k=20$  кН/м<sup>2</sup> без використання робочих органів дискових величина

ширини захоплення знаряддя склали:

– для трактора JOHN DEERE:

II-3 ( $V_p = 6,87$  км/год) - 6,8 м,

III-1 ( $V_p = 8,6$  км/год) - 5,8 м,

II-4 ( $V_p = 9,79$  км/год) - 5,2 м,

III - 2 ( $V_p = 11,6$  км/год) - 6;

– для трактора Т-150К:

I ( $V_p = 6,98$  км/год) - 7,0 м,

II ( $V_p = 8,53$  км/год) - 6,0 м,

III ( $V_p = 10,1$  км/год) - 5 м,

III - 2 ( $V_p = 11,6$  км/год) - 4,2 м,

IV ( $V_p = 11,6$  км/год)

зі збільшенням питомого опору до  $k = 50$  кН/м<sup>2</sup> ширина захоплення знаряддя перебуває у межах від 2,3 до 4,4 м.

Для основного обробітку ґрунту стрілочастими лапами на глибину 14 см та основного обробітку ґрунту чизельними робочими органами на глибину 25 см.

при питомому опорі ґрунту  $k = 30$  кН/м<sup>2</sup> ці значення параметрів ширини захвату знаряддя склали:

– для трактора JOHN DEERE:

III-2 ( $V_p = 11,5$  км/год) - 3,4 м; 2,1 м;

II-4 ( $V_p = 9,8$  км/год) - 4,2 м; 3,5 м; 3,5 м;

– для трактора Т-150К:

I ( $V_p = 6,62$  км/год) - 6 м; 4 м;

II ( $V_p = 8,53$  км/год) - 5 м; 3,2 м;

III ( $V_p = 10$  км/год) - 4,1 м; 2,6 м;

VI ( $V_p = 11,99$  км/год) - 3,3 м; 2м.

При збільшенні питомого опору ґрунту до 60 кН/м<sup>2</sup> ширина захвату знаряддя знаходиться в межах 1,2–3,9 м.

Таблиця 2.2

Розрахункова максимальна ширина захоплення комбінованого агрегату у складі тракторів JOHN DEERE, T-150K

Показник	Розмірність	Значення передачі							
		II-3	I	III-1	II	II-4	III	III-2	IV
		JOHN DEERE(8)	T-150(4)	JOHN DEERE(8)	T-150(4)	JOHN DEERE(8)	T-150(4)	JOHN DEERE(8)	T-150(4)
Агрофон – стерня колосових									
Технологічна операція – основна обробка ґрунту ( $a_2 = 0,14$ м)									
Питомий опір ґрунту, 30 кН/м <sup>2</sup>									
$V_p^H$	км/ГОД	7,24	6,62	8,64	8,53	9,8	10	11,5	11,99
$P_{кр}$	кН	36,1	40,2	31,68	33,1	28,47	28,34	24,33	23,3
$\delta$	%	16,8	16,7	12,0	10,45	9,5	7,67	7,0	5,4
$U_{max}$	м	5,4	6	4,7	5	4,2	4,1	3,4	3,3
Питомий опір ґрунту, 40 кН/м <sup>2</sup>									
$V_p^H$	км/ГОД	7,24	6,62	8,64	8,53	9,8	10	11,5	11,99
$P_{кр}$	кН	36,1	40,2	31,68	33,1	28,47	28,34	24,33	23,3
$\delta$	%	16,8	16,7	12,0	10,45	9,5	7,67	7,0	5,4
$U_{max}$	м	4,6	5,1	4	4,2	3,5	3,5	2,9	2,7
Питомий опір ґрунту, 50 кН/м <sup>2</sup>									
$V_p^H$	км/ГОД	7,24	6,62	8,64	8,53	9,8	10	11,5	11,99
$P_{кр}$	кН	36,1	40,2	31,68	33,1	28,47	28,34	24,33	23,3
$\delta$	%	16,8	16,7	12,0	10,45	9,5	7,67	7,0	5,4
$U_{max}$	м	4	4,4	3,4	3,6	3	3	2,5	2,4
Питомий опір ґрунту, 60 кН/м <sup>2</sup>									
$V_p^H$	км/ГОД	7,24	6,62	8,64	8,53	9,8	10	11,5	11,99
$P_{кр}$	кН	36,1	40,2	31,68	33,1	28,47	28,34	24,33	23,3
$\delta$	%	16,8	16,7	12,0	10,45	9,5	7,67	7,0	5,4
$U_{max}$	м	3,5	3,9	3	3,1	2,6	2,6	2,2	2,1

Позначення:  $V_{рн}$  – швидкість руху, км/год;  $R_{кр}$  - тягове зусилля на гаку трактора, кН;  $\delta$  - буксування, %;  $U_{max}$  - максимальна ширина захоплення, м;

Тільки при чизелювання ґрунту для забезпечення працездатності знаряддя відповідно до величини колії тракторів JOHN DEERE і T-150K слід

знімати крайні робочі органи, при цьому ширина захоплення знаряддя для трактора JOHN DEERE складе 3,5–2,1 м, для Т-150К-4 – 2 (Таблиця 2.2).

Подані дані показують, що при виконанні технологічних операцій на ґрунтах з різним питомим опором та з різною робочою швидкістю ширина захвату знаряддя знаходиться в межах від 1,2 до 7,0 м.

Глибина обробки повинна відповідати агротехнічним вимогам до культури, що обробляється.

Тому раціональне значення ширини захвату знаряддя повинно бути визначене відповідно до допустимої робочої швидкості агрегату при виконанні конкретної операції та величини питомого опору ґрунту.

Найбільш важливим показником з точки зору оцінки ефективності використання машинно-тракторних агрегатів при виконанні різних технологічних операцій є годинна продуктивність  $W_{\Gamma}$ , га/год [2, 5], яка визначається за формулою:

$$W_{\Gamma} = 0,36 \cdot B \cdot V_p \cdot \tau, \quad (2.18)$$

де  $\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни;

$V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, м/с.

Робочу швидкість руху агрегату на різній передачі можна визначити за виразом:

$$V_p = V_{xx} - (V_{xx} - V_p^H) \cdot \eta, \quad (2.19)$$

де  $V_{xx}$  - швидкість трактора на холостому ході, м/с;

$V_p^H$  – швидкість руху трактора, що відповідає номінальному навантаженню, м/с

$\eta$  - – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора.

Значення коефіцієнта визначається за формулою:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{кр}^H}, \quad (2.20)$$

Підставляючи (2.19) у формулу (2.20), отримаємо такий вираз:

$$W_{\Gamma} = 0,36 \cdot B \cdot (V_{xx} - (V_{xx} - V_p^H) \cdot \eta) \cdot \tau. \quad (2.21)$$

За формулою (2.21) отримана годинна продуктивність при ширині захвату знаряддя 3,6 м на відповідних робочих передачах для тракторів

JOHN DEERE і Т-150К при виконанні передпосівної обробки ґрунту з одночасним посівом, обробки пари та основної обробки ґрунту при різних опорах. Розрахунок годинної продуктивності виконувався при обробітку пари та основний обробітку ґрунту з коефіцієнтом використання часу зміни  $\tau = 0,85$ , при обробітку ґрунту з одночасним посівом  $\tau = 0,7$ , згідно з ДСТУ.

Найбільш складним варіантом роботи агрегату є передпосівна обробка ґрунту та посів. Посів зернових культур з існуючими зерновими сівалками допускається при швидкостях до 12 км/год. кН/м<sup>2</sup> ширина захвату знаряддя відповідає 3,6 м. Така ширина захвату знаряддя поєднується з шириною захвату зернової сівалки ASTRA (СЗ-3,6) захоплення знаряддя 3,6 м забезпечить виконання обробки пари та основної обробки ґрунту на різних робочих швидкостях руху агрегату.

Техніко-експлуатаційна оцінка розглянутого агрегату при виконанні передпосівної обробки ґрунту з одночасним посівом на стерневому фоні показала, що на ґрунтах з питомим опором до  $k = 40$  кН/м<sup>2</sup> доцільно використовувати трактор JOHN DEERE, оскільки за продуктивністю він не 0. На легких ґрунтах при  $k = 30$  кН/м<sup>2</sup> максимальна продуктивність отримана для трактора JOHN DEERE на передачі III-2 ( $V_p = 11,54$  км/год), яка становить 2,91 га/год, порівняно з максимальною продуктивністю 2,64 га/год, отриманої у трактора  $T_0$  км/год).

При основній обробці на стерневому фоні з питомим опором ґрунту  $k = 50$  кН/м<sup>2</sup> максимальна продуктивність для трактора Т-150К на режимі II ( $V_p = 8,6$  км/год) склала 2,63 га/год і 2,11 га/год при його роботі на режимі I ( $V_p = 60$  кН/м<sup>2</sup>.)

При обробці пари для реалізації тягово-зчіпних властивостей тракторів рекомендуються такі глибини обробки: для дискових робочих органів 6 см, для стрілочастих робочих органів 10 см при питомому опорі ґрунту до  $k = 40$  кН/м<sup>2</sup>, 12 см для стрілочастих робочих органів без дисків з питомим опором 2 до  $k$ .

Встановлення здвоєних коліс на трактор JOHN DEERE дозволяє



Результати розрахунку продуктивності показують, що трактор JOHN DEERE має показники продуктивності, близькі до продуктивності трактора Т-150К. При обробці пари на глибину 12 см стрілочастими лапами без дискових робочих органів на ґрунтах з питомим опором  $k = 40 \text{ кН/м}^2$  трактор JOHN DEERE має максимальну продуктивність, яка становить 3,01 га/год при швидкості руху агрегату  $V_p = 9,84 \text{ км/год}$ , тоді як для трактора га/год за швидкості руху агрегату  $V_p = 8,99 \text{ км/год}$ .

При виконанні основного обробітку ґрунту на глибину 14 см стрілочастими лапами без дискових робочих органів на ґрунтах з питомим опором до  $k = 40 \text{ кН/м}^2$  трактор JOHN DEERE за продуктивністю не поступається трактору Т-150К. На легких ґрунтах при  $k = 30 \text{ кН/м}^2$  максимальна продуктивність 3,1 га/год отримана для трактора JOHN DEERE на передачі II-4 ( $V_p = 10,12 \text{ км/год}$ ), у порівнянні з максимальною продуктивністю 3,18 га/год, отриманої для трактора Т-1 км/год).

Для ґрунтів з питомим опором  $k = 40 \text{ кН/м}^2$  продуктивність становила для JOHN DEERE 2,72 га/год, на передачі III-1 ( $V_p = 8,9 \text{ км/год}$ ), для Т-150К 2,74 га/год на передачі II ( $V_p = 8,94 \text{ км/год}$ ).

При роботі на стерневому фоні з питомим опором ґрунту  $50 \text{ кН/м}^2$  максимальна продуктивність отримана для трактора Т-150К на режимі II ( $V_p = 8,6 \text{ км/год}$ ), що становить 2,63 га/год. При роботі трактора Т-150К на ґрунтах з питомим опором  $60 \text{ кН/м}^2$  на режимі I ( $V_p = 7,22 \text{ км/год}$ ) продуктивність становила 2,21 га/год.

При використанні знаряддя на чизелювання ґрунту з шириною захвату 3,6 м для трактора JOHN DEERE при  $k = 30 \text{ кН/м}^2$  продуктивність – 2,05 га/год; для трактора Т-150К при  $k = 30 \text{ кН/м}^2$  – 1,96 га/год,  $B = 2,6 \text{ м}$ ; при  $k = 40 \text{ кН/м}^2$  – 1,68 га/год,  $B = 2,6 \text{ м}$ ; при  $k = 50 \text{ кН/м}^2$  – 1,6 га/год,  $B = 2,2 \text{ м}$ ;  $k = 60 \text{ кН/м}^2$  – 1,28 га/год,  $B = 2,2 \text{ м}$ . При використанні трактора JOHN DEERE на ґрунтах з питомим опором  $30 \text{ кН/м}^2$  годинна продуктивність склала 2,05 га/год, що на 12 % більше, ніж у трактора Т-150К м, використовуюваного в тракторі Т-150К2

Таким чином, можна зробити висновок, що комбіноване знаряддя з

шириною захоплення 3,6 м на ґрунтах з питомим опором до 40 кН/м<sup>2</sup> доцільно використовувати з трактором JOHN DEERE, обладнаним здвоєними колесами 16,9R30, а при обробці стерн кН/м<sup>2</sup> до 60 кН/м<sup>2</sup> – з трактором Т-150К.

При обробці парового поля у першому варіанті на встановлену глибину для дискових робочих органів 6 см та стрілчастих робочих органів 10 см у другому варіанті для стрілчастих лап 12 см без використання дискових робочих органів доцільно застосовувати трактор JOHN DEERE у зв'язку з достатніми тяговими можливостями. При чизелюванні стерневого фону на глибину 25 см при опорах ґрунту в діапазоні  $k = 30\text{--}60$  кН/м<sup>2</sup> раціональна ширина захвату знаряддя становитиме 2,2 м в агрегаті з трактором Т-150К.

## **2.5. Обґрунтування параметрів ґрунтообробно-посівного агрегату для основної та передпосівної обробки ґрунту та посіву**

За рекомендаціями науковців-дослідників, у технології обробітку зернових культур залежно від зони землеробства Волинської області [5, 9] обробіток ґрунту може проводитися безвідвальними знаряддями з виконанням агротехнічних вимог за один прохід агрегату.

Ця технологія у ланках сівозміни передбачає:

- передпосівну обробку ґрунту та посів по стерневому та обробленому фонах;
- обробку пари на глибину до 12 см;
- основну осінню обробку ґрунту на глибину до 16 см;
- чизельне обробіток ґрунту на глибину до 35 см, для розущільнення орного горизонту – один раз у сівозміні.

Для виконання цих операцій у великих господарствах використовуються ґрунтообробні посівні агрегати, культиватори для обробки пари, знаряддя для основної обробки ґрунту та чизельні знаряддя. Однак для малих фермерських господарств, які мають площу посіву зернових культур до 500 га та трактора класу тяги 20–30 кН, придбання та використання окремих машин

нераціонально та економічно недоцільно.

Як показали попередні дослідження [1, 12, 20, 33, 40], знаряддя для передпосівного обробки ґрунту та посіву має бути напівнавісним (рисунок 2.17). У транспортному положенні передня частина ґрунтообробного знаряддя через причіпний пристрій, що регулюється по висоті, з'єднується з механізмом навішування трактора.

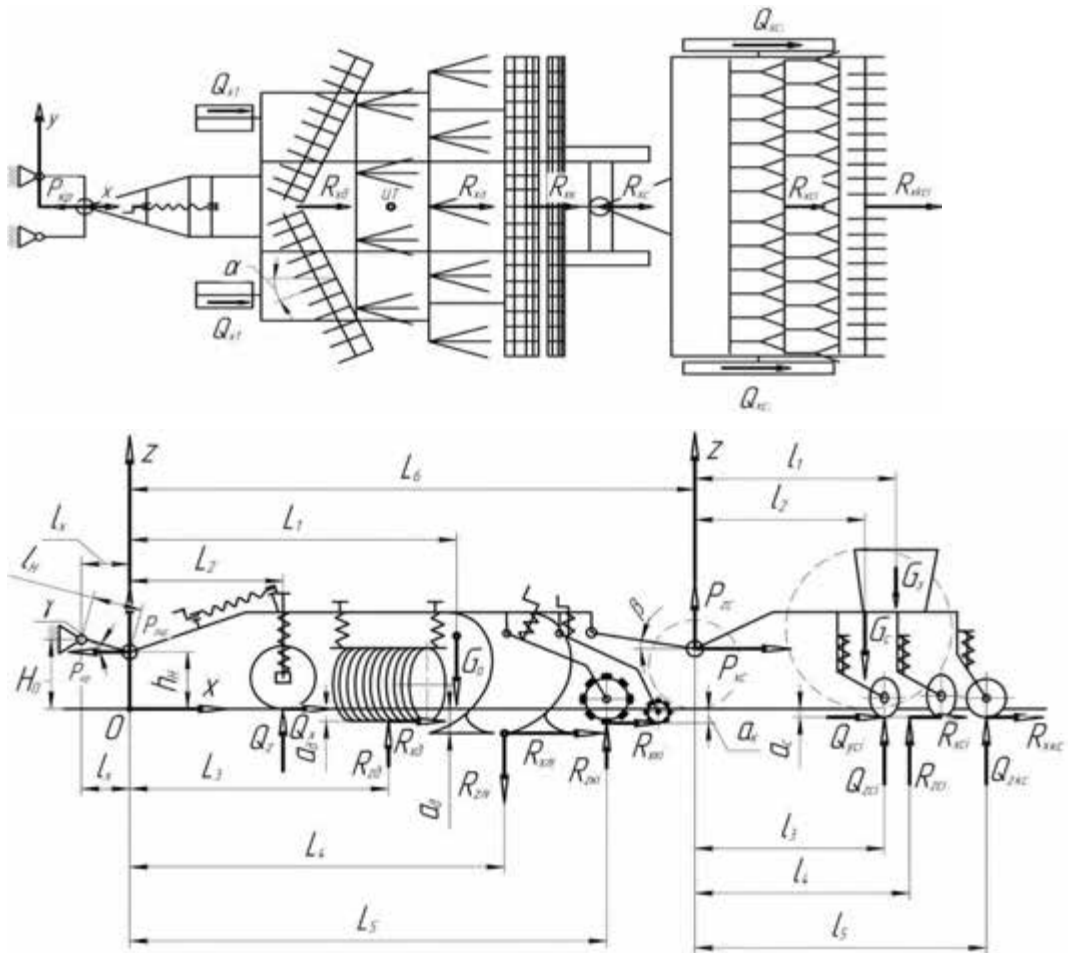


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема комбінованого агрегату для передпосівної обробки ґрунту та посіву

Задня частина знаряддя в транспортному положенні спирається на пневматичні колеса, які під час обробки ґрунту піднімаються вгору гідравлічною наважкою трактора і не стикаються з поверхнею поля. Згідно з прийнятою технологією передпосівної обробки ґрунту, на раму знаряддя в передній частині встановлюються дискові батареї діаметром диска  $DD = 450$  мм з кутом атаки  $15\text{--}30^\circ$ . Диски заглиблюються на глибину до 6 см, підрізають

кореневу систему стерні та бур'янів, обертають їх та закладають у ґрунт. Глибина ходу дисків регулюється гвинтовим механізмом дискових батарей. У разі потреби дискові батареї цим же механізмом можуть бути підняті і в роботі не брати участі [21].

Далі розташовуються два ряди стрілчастих лап шириною  $b = 420$  мм, з відстанню між рядами  $l_p = 0,7$  м. Відстань між слідами лап  $b' = 400$  мм.

Ззаду на рамі розташовуються планчастий і прутковий катки, які при виконанні робочого процесу одночасно служать опорою задньої частини отвору, виробляють додаткове розпушування ґрунту, вирівнювання поверхні поля, створюють мульчуючий шар ґрунту і ущільнене насінневе ложе для насіння зернових зернових.

Для приєднання зернової сівалки ASTRA СЗ-3,6 до гармати на рамі опорних коліс передбачено причіпну сережку. Позаду сівалки розташований шлейф для загортання борозенок та вирівнювання поверхні поля.

Таким чином, пропонований агрегат для передпосівної обробки ґрунту та посіву за один прохід виконує такі технологічні операції:

- луцення ґрунту із закладенням у ґрунт рослинних залишків на глибину до 6 см;
- підрізання корневих систем бур'янів та фарбування ґрунту на глибину посіву 6–8 см;
- утворення ущільненого насінневого ложа для насіння;
- подрібнення грудок ґрунту та вирівнювання поверхні поля;
- посів насіння із внесенням стартової дози добрив;
- мульчування верхнього шару ґрунту.

У процесі роботи при зміні властивостей ґрунту та нерівностей рельєфу поверхні поля знаряддя знаходиться під впливом змінних сил, що діють на робочі органи та опорні колеса [6, 8]. В результаті змінюються тяговий опір гармати  $P_{xi}$  та глибина ходу робочих органів  $a_i$ , які залежать від схеми та місця приєднання знаряддя до трактора, місця розташування, типу опорних коліс та катків, висоти приєднання сівалки до знаряддя.

Для обґрунтування раціональних значень цих параметрів, що забезпечують мінімум тягового опору при відомих значеннях глибини обробки та властивостей ґрунту, скористаємося методами статички. Тяговий опір знаряддя при відомих силах, що діють на робочі органи (пункт 2.3), ширину захвату (пункт 2.4) і схеми приєднання знаряддя до трактора в основному залежить від розташування та типу опорних коліс, висоти приєднання знаряддя до трактора знаряддя.

У процесі роботи, у варіанті передпосівної обробки ґрунту та посіву, за розрахунковою схемою (рисунок 2.8) на знаряддя діють такі сили:

- $R_{хл\ i}$ ,  $R_{зл\ i}$  – горизонтальна та вертикальна складова сил, що діють на лапи, кН;
- $R_{хд\ i}$ ,  $R_{зд\ i}$  – горизонтальна та вертикальна складова сил, що діють на дискові робочі органи, кН;
- $R_{хк\ i}$ ,  $R_{зк\ i}$  – горизонтальна та вертикальна складова сил, що діють на катки, кН;
- $G_m$  – Сила тяжіння знаряддя, кН;
- $G_c$  – сила тяжкості сівалки, кН;
- $G_z$  – сила тяжкості зерна у бункері сівалки, кН;
- $G_y$  – сила тяжкості добрив у бункері сівалки, кН;
- $R_{хз\ i}$ ,  $R_{зс\ i}$  – горизонтальна та вертикальна сили, що діють на сошники сівалки, кН;
- $R_{хкс\ i}$ ,  $R_{зкс\ i}$  – горизонтальна та вертикальна сили, що діють на ковзанку сівалки або інший робочий орган, кН;
- $Q_{x1}$ ,  $Q_{z1}$ ,  $Q_{x2}$ ,  $Q_{z2}$  – реакція на опорні колеса знаряддя, кН;
- $Q_{xc1}$ ,  $Q_{zc1}$ ,  $Q_{xc2}$ ,  $Q_{zc2}$  – реакція ґрунту на опорні колеса сівалки, кН.

Таблиця 2.4

Вихідні конструктивні та технологічні параметри ґрунтообробного посівного агрегату АПК -5 та зернової сівалки ASTRA

№ п/п	Назви параметрів	Позначення	Одиниці вимірюван	Значення параметрів
-------	------------------	------------	-------------------	---------------------

			ня	
1	Діаметр дисків луцильника	$D_d$	м	0,450
2	Кут атаки дисків	$a$	град	15÷30
2а	Відстань між дисками	$l_p$	м	0,18
3	Кількість дисків	$n_d$	шт.	23
4	Ширина захвату лапи	$b_l$	м	0,42
5	Кут розчину лапи	$2\gamma$	град	60
6	Кут кришення лапи	$\beta$	град	21
7	Відстань між стійками лап	$b'$	м	0,4
8	Відстань між рядами лап	$l_p$	м	0,7
9	Кількість лап на рамі	$n_l$	шт.	9
10	Ширина захвату знаряддя	$U$	м	3,6
11	Діаметр пруткової котка	$D_{до}$	м	0,25
12	Кількість прутків на ковзанці	$n_{п}$	шт.	9
13	Крок завивки прутків	$l_y$	м	4,0
14	Кількість котків	$n_{до}$	шт.	2
15	Ширина захоплення котка	$U_{до}$	м	1,8
16	Сила тяжіння знаряддя	$G_{про}$	кН	21
17	Сила ваги сівалки ASTRA (СЗ-3,6)	$G_3$	кН	13,8
18	Сила тяжкості насіння та добрив у бункері	$G_3$ $G_y$	кН кН	0÷3,6
19	Глибина ходу дисків	$a_d$	м	0,05÷0,06
20	Глибина ходу лап	$a_l$	м	0,06÷0,08
21	Глибина ходу котків	$a_{до}$	м	0,05÷0,07
22	Глибина ходу сівалки	$a_3$	м	0,06÷0,08
23	Висота приєднання нижніх поздовжніх тяг до трактора	$H_{про}$	м	0,45
24	Довжина нижніх поздовжніх тяг	$l_n$	м	1,0
	Питомий опір дисків			
25	при $a = 0,04 \div 0,05$ м	$K_d$	кН/м	1,177÷1,471
26	при $a = 0,06 \div 0,1$ м	$K_d$	кН/м	1,471÷2,452
	Питомий опір лап			
27	$a = 0,07 \div 0,08$ м	$K_l$	кН/м	0,8÷1,0
28	$a = 0,1 \div 0,12$ м	$K_l$	кН/м	0,9÷1,4
29	$a = 0,13 \div 0,16$ м	$K_l$	кН/м	1,5÷2,2
30	Питомий опір сівалки ASTRA (СЗ-3,6)	$K_3$	кН/м	1,0÷1,5
31	Питомий опір котків	$K_{до}$	кН/м	0,6÷1,2

### Висновки до розділу

1. Вибрано технологію обробітку ґрунту та посіву, яка дозволить:
  - створити можливість рівномірного загортання насіння на задану глибину, потужного розвитку рослин з утворенням вторинної кореневої системи та гарного кущіння;
  - забезпечити стабільний тепловологоповітряний режим у посівному

шарі;

- виключити водну та вітрову ерозію ґрунту;
- виключити застосування гербіцидів;
- виключити масове засмічення полів;
- виробляти екологічно чисту аграрну продукцію;
- гарантувати збільшення родючості ґрунту;
- обмежити утворення паводків.

2. Визначено сили, що діють на дискові робочі органи, стрілочасті лапи, чизельні робочі органи та котка при різних значеннях питомого опору ґрунту, глибини обробки та параметрів робочого органу.

3. Встановлено, з урахуванням аналізу існуючих робіт, раціональні значення взаєморозташування робочих органів, які становлять:

- від дискових робочих органів до лапи першого ряду  $l_2 = 0,7 \dots 0,9$  м;
- від лапи першого ряду до лапи другого  $l_1 = 0,6 \dots 0,8$  м;
- від лапи другого ряду до котка першого ряду  $l_3 = 0,4 \dots 0,6$  м;
- відстань між котками  $l_4 = 0,5 \dots 0,7$  м залежно від діаметра котка.

4. Обґрунтовано межі зміни ширини захвату знаряддя та вибрано раціональне значення ширини захвату знаряддя  $B = 3,6$  м з урахуванням повного використання тягового зусилля на гаку тракторів JOHN DEERE та Т-150К з різною швидкістю руху агрегату при виконанні передпосівного обробітку ґрунту. При чизелювання ґрунту раціональне значення ширини захоплення знаряддя становить:

- для трактора JOHN DEERE-36 - 3,2 м;
- для трактора Т-150К-3,6 – 2,2 м.

## **РОЗДІЛ ЗПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1. Завдання експериментальних досліджень:**

- визначити енергетичні та експлуатаційно-технологічні показники роботи універсальної комбінованої ґрунтообробної знаряддя на передпосівному обробітку ґрунту, на передпосівному обробітку ґрунту з одночасним посівом, на обробітку пари та основному обробітку ґрунту при різних швидкостях руху агрегату та глибині обробки;
- вивчити вплив швидкості руху агрегату на продуктивність, тяговий опір та витрату палива.

### **3.2. Методика визначення основних агротехнічних показників**

Методика визначення основних агротехнічних показників роботи універсального комбінованого ґрунтообробного та посівного агрегату при виконанні основних технологічних операцій.

Агротехнічна оцінка включає:

- складання характеристики дослідного поля;
- вибір режимів роботи;
- визначення показників якості роботи;
- обробку та аналіз отриманих даних.

При складанні характеристики дослідної ділянки визначалися:

- назва та тип ґрунту за механічним складом;
- рельєф та мікрорельєф поверхні поля;
- вологість та твердість ґрунту.

Твердість та вологість ґрунту визначалися для горизонтів ґрунту 0...10, 10...20 см. При виборі режимів роботи агрегату враховувалися швидкість руху та глибина обробітку ґрунту, агротехнічні вимоги та умови зони проведення дослідів. Усі експерименти проводилися у трьох варіантах залежно від виду

технологічної операції.

Перший варіант передбачав використання універсальної комбінованої ґрунтообробної знаряддя для одночасної обробки ґрунту дисковими робочими органами на глибину 4–5 см, потім наступними за ними культиваторними стрілочастими лапами на глибину 5–6 см та посів зернотуковою сівалкою СЗ-3,6.

Другий варіант передбачав використання цієї знаряддя в літній період на обробці пари з лушенням на глибину 4-5 см і культивацією на глибину 12-14 см, при цьому передбачалося використання знаряддя без дискових робочих органів. Також другий варіант передбачав використання знаряддя на основній обробці ґрунту в осінній період без використання робочих дискових органів при глибині обробки 14–16 см.

Третій варіант передбачав використання універсальної комбінованої знаряддя на основній обробці ґрунту чизельними робочими органами на глибину 20–25 см.

У дослідах визначалися такі агротехнічні показники:

- ширина захвату знаряддя;
- глибина обробки;
- ступінь збереження стерні;
- ступінь кришення ґрунту;
- нерівність (гребнистість) поверхні поля;
- глибина закладення насіння.

Ширина захоплення знаряддя визначалася шляхом виміру відстані між зовнішніми краями борозен, що утворюються крайніми робочими органами. Глибина обробки ґрунту робочими органами визначався вимірювальним щупом до упору в необроблений ґрунт за слідом робочого органу з урахуванням розпушення поверхні поля. Нерівність поверхні поля визначають за результатами вимірів висоти гребенів. Висоту гребенів вимірюють за допомогою рейки та лінійки. Після проходження знаряддя за шириною захвату накладають рейку на вершини гребенів у місцях, вибраних випадковим чином.

Вимірювання проводилися від дна борозни між гребенями до нижньої площини рейки. Похибка вимірів не більше  $\pm 5$  мм. Усього вимірювань не менше 40.

*Кришення ґрунту* визначають по пробах, що відбираються в чотирьох точках ділянки (дві – по ходу руху агрегату, дві – по ходу руху у зворотному напрямку) з майданчиків  $0,25 \text{ м}^2$  на глибині обробки не раніше, ніж через годину після проходу гармати. відповідними розмірами фракції ґрунту.

$$P_{ki} = \frac{m_i}{m_0} 100\%, \quad (3.1)$$

де  $m_i$  - маса  $i$ -ї фракції в пробі, кг;

$m_0$  - загальна маса проби, кг.

Оцінюючи ступеня кришення ґрунтового проби поділялися на фракції: менше 0,04 м; 0,04-0,08 м; більше 0,08 м. Ступінь кришення ґрунту визначалася як відношення маси фракцій ґрунту менше 0,04 м до загальної маси ґрунтової проби:

$$K_{кр} = \frac{M_{<0,04}}{M_{пр}}, \quad (3.2)$$

де  $K_{кр}$  - ступінь кришення ґрунту;

$M_{<0,04}$  - маса ґрунтових фракцій менше 0,04 м, кг;

$M_{пр}$  – маса ґрунтової проби, кг.

Повторність визначення глибини обробітку ґрунту п'ятикратна, решта агротехнічних показників – десятикратна.

*Збереження стерні* визначають за масою стерні, що залишилася, на поверхні ґрунту за чотирма повторностями (дві – по ходу руху і дві – у зворотному напрямку). До і після проходу машини на поверхню ґрунту накладають рамки довжиною 0,5 м і шириною, що дорівнює ширині захвату знаряддя. У межах кожної рамки збирають всю стерню (прямостоячу, нахилену, що втратила зв'язок з ґрунтом) і визначають її масу з похибкою не більше  $\pm 50$  г. Збереження стерні обчислюють за формулою:

$$C_0 = \frac{m_2}{m_1} 100\%, \quad (3.3)$$

де  $m_2$  - маса стерні після проходу машини, г;

$m_1$  – маса стерні до проходу машини;

Глибину закладення насіння визначали методом безпосереднього знаходження їх у ґрунті не пізніше, ніж на другий день після посіву. Для визначення глибини загортання насіння в ґрунті в день посіву на прямому та зворотному проходах сівалки на кожному ряду сошників відзначають кілочками по дві-чотири засіяні рядки. На зазначених рядках позначають шість майданчиків (три на прямому та три на зворотному проходах). Розмір майданчиків повинен забезпечити не менше 25 вимірювань для кожного ряду при дворядному розташуванні сошників, що знаходяться поза колією коліс трактора та сівалки.

Для вимірювання глибини загортання насіння обережно розкривають рядки, пошарово зміщуючи ґрунт упоперек ходу сівалки до знаходження кількох насіння в кожній рядку. Потім з боку вирівняної (непорушеної) поверхні ґрунту вздовж рядка накладають лінійку так, щоб один її край розташувався над рядком розкопаних зерен, і вимірюють відстань від насіння до нижньої сторони лінійки. Повинно бути зроблено щонайменше 15 вимірів у кожному сошнику.

Додатково визначають глибину загортання насіння не менше ніж по двох сошниках, що йдуть слідом коліс трактора, сівалки, зчіпки, з використанням методу випадкового вибору. Вимірювань має бути не менше 20. Результати фіксують із позначкою «за слідом коліс трактора», «за слідом коліс сівалки», «за слідом коліс зчіпки». За результатами вимірювань глибини загортання насіння поза слідом і за слідом визначають середнє та середнє квадратичне відхилення.

### 3.1.1. Визначення вологості ґрунту

Проби ґрунту на вологість відбираються ґрунтовим буром на потрібній

глибині в п'ятикратній повторності. Вологість ґрунту визначається за середнім зразком. Відібраний ґрунт поміщають у алюмінієву бюксу, яку в лабораторії зважують, потім поміщають у сушильну шафу. У шафі проби ґрунту сушать при температурі 105 °С протягом восьми годин. Після охолодження бюкси із ґрунтом знову зважують. За різницею маси бюкси з ґрунтом до сушіння та після сушіння визначають кількість води, що міститься у зразку ґрунту, за різницею маси бюкси з висушеним ґрунтом та порожнім – масу сухого ґрунту.

Вологість ґрунту  $W$ , %, визначають за формулою:

$$W = \frac{a}{b} 100, \quad (3.4)$$

де  $a$  - маса води, що випарувалася, г;

$b$  – маса абсолютно сухого ґрунту, р.

### 3.1.2. Визначення щільності ґрунту

Щільність ґрунту визначається спеціальним буром в тому самому місці до і після проходу трактора по його сліду по горизонтах 0-5; 5–10; 10-20; 20–30 см у шестиразовій повторності (у зоні місць визначення твердості та вологості ґрунту).

Проби на щільність ґрунту відбирають спеціальним буром (рисунок 3.4) Взятий об'єм ґрунту відправляють у лабораторію, де його зважують та висушують при температурі 105 °С до постійної маси. Об'єм взятого зразка ґрунту визначають множенням площі ріжучої частини бура з його висоту. Розділивши масу сухого ґрунту на об'єм зразка, одержують об'ємну масу, г/см<sup>3</sup>:

$$\rho = \frac{b}{V}, \quad (3.5)$$

де  $b$  – маса зразка ґрунту після висушування при температурі 105 °С до постійної ваги, г;

$V$ - Об'єм зразка взятого ґрунту, см<sup>3</sup>.

Отримані дані обробляють як середнє арифметичне ряду густини.



Рис. 3.1 – Пристосування визначення щільності ґрунту

Ущільнення обробленого шару ґрунту визначають по різниці щільності ґрунту до та після проходу агрегату.

### 3.1.3. Визначення твердості ґрунту

Твердість ґрунту визначається ґрунтовим щільноміром (рисунок 3.2) у місцях визначення вологості до проходу та після проходу агрегату слідом рушія на глибину 0–10; 10-20; 20-30 см за кожним варіантом досвіду в 24-кратній повторності.

Твердість ґрунту  $P$ , кг/см<sup>2</sup> визначають за формулою:

$$P = \frac{h_{\text{ср}}g}{S}, \quad (3.6)$$

де  $h_{\text{ср}}$  - Величина середньої ординати діаграм твердості, см;

$g$  – масштаб пружини, кг/см;

$S$  - Площа поперечного перерізу плунжера, см<sup>2</sup>.

Середня ордината визначається планиметриванням діаграми та розраховується за формулою:

$$h_{\text{ср}} = \frac{F}{l}, \text{ м}, \quad (3.7)$$

де  $F$  – площа діаграми, мм<sup>2</sup>;

$l$  - Довжина діаграми, мм,

Або вимірюванням ряду ординат через 1 см довжини діаграми та обчисленням їхнього середнього арифметичного значення. При визначенні твердості користуються тарувальним графіком густинаміру.



Рис. 3.2 – Щільномір конструкції Ревякіна

### 3.2. Визначення енергетичних показників ґрунтообробно-посівного агрегату

#### Умови проведення випробувань

У досліджах визначалися:

- рельєф поля;
- вологість ґрунту;
- твердість ґрунту;
- щільність ґрунту;
- метеорологічні умови

У процесі випробувань реєструвалися такі показники:

- тяговий опір комбінованої ґрунтообробної знаряддя при виконанні технологічних операцій  $R_{ка}$ , кН;
- тривалість досвіду  $t$ , с;
- шлях, виконаний трактором за досвід  $S$ , м;
- частота обертання вихідного валу двигуна пдв, об./хв;

- число оборотів ведучого колеса за досвід  $n_0$ , про.;
- маса (обсяг) витраченого за досвід палива  $m_T$  ( $V_T$ ), кг (л).

Випробування проводилися при атмосферному тиску не менше 96,6 кПА та температурі навколишнього повітря 20-25 ° згідно з ДСТУ [25].

Основні фони, на яких проведено технологічні операції, відповідали таким вимогам:

а) стерня зернових культур:

- стерня колосових мала висоту не більше 15 см, ділянку бути очищена від пожнивних залишків і не мала звальних гребенів та розвальних борозен;
- викривлення поверхні фону в межах габаритів трактора не перевищувало 20 мм;
- ухил площини, що прилягає до поверхні фону в межах габаритів трактора вздовж руху, не більше 2%, упоперек руху не більше 6%;

вологість ґрунту – 8–18 %;

- твердість ґрунту – 1,0–1,5 МПа (10–15 кг/см<sup>2</sup>);

б) поле, підготовлене під посів (обробка пари):

- неплщинність поверхні фону в межах габаритів трактора не більше 20 мм;
- ухил площини, що прилягає до поверхні фону в межах габаритів трактора, вздовж руху не більше ніж 2 %; поперек руху трохи більше 6 %;
- вологість ґрунту - 8-18% за ГОСТ 20915 [25];
- твердість ґрунту - 0,1-0,7 МПА (1-7 кг/см<sup>2</sup>) за ГОСТ 20915-75 [25].

**Вимоги до випробуваного трактора**

Відповідно до ДСТУ [25], комплектація трактора з урахуванням баласту та маси водія повинна відповідати інструкції з експлуатації для найбільш енергоємної по тяговому зусиллю операції.

Трактор до проведення тягових випробувань повинен мати напрацювання не менше 150 мотогодин, знос двигуна не більше 25 %.

Механізми та обладнання, які не призначені для забезпечення роботи двигуна і не беруть участі в основному процесі роботи, повинні бути

відключені.

Тяговий опір універсального комбінованого ґрунтообробного посівного агрегату визначали шляхом роздільного буксирування досліджуваного агрегату та трактора за формулою:

$$R_{\text{ко}} = R_{\text{а}} - R_{\text{т}}, \quad (3.8)$$

де  $R_{\text{ко}}$  - тяговий опір комбінованої знаряддя, кН;

$R_{\text{а}}$  – тяговий опір машинно-тракторного агрегату, кН;

$R_{\text{т}}$  - тяговий опір трактора, кН.

Величину коефіцієнта буксування трактора на різних агрофонах визначали дослідним шляхом безпосередньо у полі. Під час руху трактора на ділянці заміряли кількість обертів провідних коліс.

При холостому ході трактора ( $R_{\text{кр}} = 0$ ) буксування практично дорівнює нулю. Перший прохід трактора проходив без навантаження на причіпному гаку.

Перед початком тягових випробувань двигун трактора був прогрітий до температури охолоджувальної рідини 85 градусів.

На початку ділянки для проведення випробувань тракторист за командою оператора, що управляє переносним багатофункціональним вимірювальним комплексом МІС-400D, включає задану передачу і починає рух, набираючи швидкість.

При виході трактора на лінію візирних вішок на початку залікової ділянки один оператор включає прилади динамометричного комплексу, інший починає відлік обертів колеса. Наприкінці залікової ділянки він вимикає прилади, знімає їх показання. При кожному наступному дослідному проході трактор рухався необробленою смугою поля.

Під час руху заліковою ділянкою трактор рухався прямолінійною траєкторією. Довжина ділянки вимірювання становила 50 м. Виміри здійснювалися у п'ятикратній повторності у прямому та зворотному напрямках для виключення впливу кута нахилу залікової ділянки та випадкових помилок.

Положення органів управління регулятором частоти обертання двигуна відповідало повній подачі палива.

Тяговий опір комбінованого агрегату при виконанні технологічних операцій визначався на різних передачах для кожного агрофону з метою встановлення залежності впливу швидкості руху на тяговий опір агрегату. Під час тягових випробувань режим роботи агрегату визначався з умови початку нестійкої роботи двигуна або граничним буксуванням. Випробування щодо визначення тягових зусиль проводилися на шести передачах переднього ходу (I-3, I-4, II-1, II-2, II-3, II-4).

Коефіцієнт буксування  $\delta_i$ , %, при різних значеннях зусилля на гаку  $R_{кр}$  розраховували за виразом:

$$\delta = \frac{n_{pi} - n_{xx}}{n_{pi}} 100. \quad (3.9)$$

На основі отриманих результатів побудовано графіки тягового опору агрегату з передач з урахуванням виконуваних технологічних операцій за різних даних питомого опору ґрунту.

### **3.2. Методика визначення експлуатаційно-технологічних показників машинно-тракторного агрегату**

Експлуатаційно-технологічна оцінка сільськогосподарських агрегатів із трактором JOHN DEERE проводилася згідно з ДСТУ «Техніка сільськогосподарська. Методи експлуатаційно-технологічної оцінки» [27]. Експлуатаційно-технологічні показники визначалися методом хронометражу протягом трьох контрольних змін для кожного досліджуваного агрегату.

Методика експлуатаційних показників МТА передбачає також визначення вологості, твердості, щільності ґрунту.

Основними параметрами, що визначаються при експлуатаційно-технологічній оцінці МТА, є: режим роботи, витрата палива на одиницю напрацювання, визначення продуктивності за годину чистого, змінного та експлуатаційного часу.

При виборі швидкості руху агрегату та глибини обробітку ґрунту

враховувалися агротехнічні вимоги та умови проведення дослідів.

Витрата палива визначалася шляхом вимірювання витраченого палива при обробці певної площі ріллі. Продуктивність визначалася методом хронометражу протягом робочого дня.

Продуктивність МТА за годину основного часу  $W_0$ , га/год:

$$W_0 = \frac{F}{T_1}, \quad (3.10)$$

де  $F$  – обсяг виконаної роботи у період спостережень, га;

$T_1$  – час основної роботи, год.

Продуктивність МТА за одну годину змінного часу  $W_{зм}$ , га/год:

$$W_{зм} = \frac{F}{T_{зм}}, \quad (3.11)$$

Продуктивність МТА за одну годину експлуатаційного часу  $W_{ек}$ , га/год:

$$W_{ек} = \frac{F}{T_{ек}}, \quad (3.12)$$

Напрацювання агрегату (розмір обробленої площі) визначалося безпосереднім виміром ділянки з похибкою не більше  $\pm 1$  % Питома витрата палива на гектар обробленої площі  $q$ , кг/га:

$$q = \frac{Q}{F}, \quad (3.13)$$

де  $Q$  - Витрата палива за період спостережень, кг.

### 3.3. Методика проведення хронометражних робіт

Відповідно до ДСТУ-2003 [95], хронометраж – це реєстрація елементів часу роботи машини шляхом вимірювання тривалості циклічно повторюваних елементів часу. Хронометраж застосовується з метою перевірки виконання чинних норм часу, визначення витрат основного та допоміжного часу для розроблення нормативів на операції, встановлення фактичних витрат часу на окремі роботи.

Витрати часу при хронометражі заміряють по секундоміру з точністю до секунди або 0,01 хв (залежно від градуювання циферблата).

Розрізняють три способи проведення хронометражних спостережень: вибірковий, за поточним часом (безперервний) та цикловий.

Вибірковий хронометраж використовувався при вимірі часу робочого ходу та холостого ходу МТА з метою визначення робочої швидкості та швидкості повороту агрегату.

При визначенні експлуатаційної продуктивності агрегату застосовувався безперервний спосіб хронометражу (стрілка секундоміра пускалася на початку та зупинялася наприкінці серії спостережень). Хронометражні спостереження проводилися безпосередньо під час операції. Хронометраж при контрольній зміні проводився протягом усієї зміни тривалістю 8 годин. Похибка вимірювання приладу при контрольній зміні не перевищувала  $\pm 1,0\%$ . Вимірювання хронометражних показників здійснювалося за допомогою секундоміра. При цьому в процесі виконання технологічних операцій сільськогосподарськими агрегатами на базі трактора JOHN DEERE фіксувалися елементи часу (таблиця. 3.1).

Таблиця 3.1

## Характеристика елементів часу, год

Елемент часу	Позначення показника
Основна робота	$T_p$
Витрати на повороти	$T_x$
Переїзд на робоче місце	$T_{pm}$
Навантаження та розвантаження	$T_{пр}$
Інші допоміжні операції	$T_{во}$
Щозмінне технічне обслуговування	$T_{це}$
Підготовка та закінчення робіт	$T_{по}$
Проведення налагодження та регулювання	$T_{нр}$
Усунення технологічних несправностей	$T_{утн}$
Відпочинок	$T_{одх}$
Холості переїзди	$T_{хп}$
Щозмінне технічне обслуговування трактора, що агрегатується з випробуваним знаряддям	$T_{то}$
Експлуатаційний час	$T_{ек}$
Усунення технічних відмов та ушкоджень	$T_{уто}$
Періодичне технічне обслуговування	$T_{пто}$
Загальний час роботи агрегату	$T_{заг}$

### 3.4. **Методика визначення похибки вимірів**

Отримати абсолютно точне значення досліджуваних величин неможливо через неминучі похибки і помилки. Теорія помилок вказує джерела похибок та помилок, а також дає методологічні засади для вибору інструментів, приладів та методик вимірювання.

Похибки вимірів можуть бути поділені на три групи:

систематичні похибки;

випадкові похибки;

промахи.

До першої групи відносяться похибки через неточність інструменту, приладу, хибну методику вимірювань або помилок спостережень. Під час проведення дослідження ці помилки вивчаються, враховуються чи виключаються.

Випадкові похибки обумовлені неминучими відхиленнями через мінливість явища, що вивчається, виходячи з самої його природи. Причина цих похибок заздалегідь невідома, тому вони не можуть бути враховані як поправки.

Основою отримання достовірних результатів у даному випадку є досить велика кількість вимірів. З теорії помилок випливає, що зі зростанням числа вимірів похибка середнього арифметичного зменшується, проте значно більшою мірою вона зменшується з підвищенням точності окремого виміру.

Обробка випадкових величин (явлень) масових спостережень та оцінка їх точності в нашому дослідженні здійснюється на основі положень теорії ймовірностей математичної статистики [17].

Промах – це надмірно великі похибки, що спотворюють результат досвіду, у разі таких помилок вимір бракується, а досвід повторюється. Помилкові результати внаслідок промахів бракуються також під час обробки досвідчених даних [18].

Оцінку точності результату досвіду можна поділити на два етапи:

1. Аналіз джерел похибок за кожним елементом спостережень окремо і оцінка похибок вимірів (похибки виявляються щодо та його тарировке, під час аналізу методу виміру тощо.).
2. Підрахунок сумарної помилки досвіду.
3. Помилка прямого виміру постійної величини виражається сумою елементарних похибок.

Абсолютна помилка непрямого вимірювання  $\Delta Y$ , що є певною функцією прямих вимірювань, виконаних з помилкою  $\Delta X$ , знаходиться за формулами залежно від виду функцій.

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ

На основі теоретичних досліджень обґрунтовано конструктивну схему та параметри комбінованої універсальної ґрунтообробної знаряддя зі змінними робочими органами для основної, передпосівної обробки ґрунту та обробки пари для тракторів класу тяги 20–30 кН. Виготовлено 2 дослідні зразки таких знарядь.

Зброя використовується на ґрунтах з питомим опором ґрунту не більше 90 кН/м<sup>2</sup>, з ухилом поверхні поля трохи більше 8°.

Зброя працює на всіх типах мінеральних ґрунтів, не засмічених камінням, з абсолютною вологістю до 25 % за твердості ґрунту до 2,0 МПа в горизонті 0-15 см.

### 4.1. Технічна характеристика знаряддя та умови проведення експериментальних досліджень

#### Технічна характеристика знаряддя

Технічні показники знаряддя представлені таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

#### Технічні характеристики агрегату АПК-5

Найменування параметра	Значення параметра
Продуктивність за 1 год, га:	
– основного часу, га/год;	2,98
– експлуатаційного часу, га/год	2,38
Глибина обробітку ґрунту, см:	
– дисковими секціями;	5–6
– лапами плоскорізальними;	5–12
– чизельними робочими органами;	20–45
– лапами долотоподібними	12–16

Найменування параметра	Значення параметра
Робоча ширина захвату, м	3,6
Робоча швидкість руху на основних операціях, км/год	7–12
Транспортна швидкість, км/год, трохи більше	15
Дорожній просвіт, м	320
Термін служби (за винятком стійок з лапами, дисками), років	7,3
Висота гребенів поверхні поля після проходу культиватора, см, не більше	2,8
Середнє відхилення глибини від заданої по довжині колії в межах ширини захоплення, +/- см	1,0
Кришення ґрунту робочими органами з переважанням грудок від 1–25 мм, %	80
Розмір грудок, мм, не більше	30
Забивання робочих органів рослинними рештками	виключено
Коефіцієнт готовності за оперативним часом, щонайменше	0,97
Маса, кг	2100+/-50
Габаритні розміри знаряддя, мм: – довжина; – ширина; – висота	3882 3700 1510
Габаритні розміри знаряддя в транспортному положенні, мм: - Довжина в сцепі з трактором: Т-150-К; JOHN DEERE; МТЗ-1221; – ширина; – висота	10 012 9 632 8 482 3700 1510

Для використання знаряддя на обробці пари та основної обробки ґрунту на раму знаряддя встановлюються відповідні робочі органи (лапи чи чизеля).

#### **4.2. Енергетичні показники роботи комбінованого універсального знаряддя**

##### **Енергетичні показники роботи знаряддя у варіанті передпосівної обробки ґрунту та посіву**

Експериментальні дослідження з визначення енергетичних показників комбінованого універсального знаряддя на передпосівній обробці ґрунту з одночасним посівом сівалкою ASTRA проведені з трактором JOHN DEERE, на обладнаних 3 II-3, II-4, III-1, III-2 [78].

Найефективніша робота досягається швидкості 11,63 км/год, т.к. забезпечується найбільша продуктивність і повніше завантаження двигуна, коефіцієнт використання експлуатаційної потужності двигуна становить 0,96.

Отримані дані показують, що у передпосівної обробітку ґрунту з одночасним посівом найефективніша робота досягається швидкості 11,63 км/год, так як забезпечується повніше завантаження двигуна, коефіцієнт використання експлуатаційної потужності двигуна при цьому становить 0,96. Результати теоретичних досліджень ідентичні з експериментальними дослідженнями, що свідчить про адекватність математичної моделі роботи агрегату реальному процесу.

#### **4.3. Експлуатаційно-технологічні показники роботи комбінованого універсального знаряддя**

Експериментальні дослідження з визначення експлуатаційно-технологічних показників комбінованого універсального знаряддя АППУ-3,6 проведені з трактором JOHN DEERE, обладнаним здвоєними колесами-16,9R30, на передачах III-1 і II-4 при виконанні передпосівної обробки ґрунту з одно, обробка пара на різних глибинах.

На обробці пари залежно від глибини обробки час основної роботи агрегату становив на передачі III-1 7,7–8,1 години та 7,9–8,3 години на передачі II-4 при тривалості зміни 10 годин, експлуатаційний час становив відповідно 10,3 години. Продуктивність агрегату за експлуатаційний час на передачі II-4 склала 2,86–3,17 га/год та 2,54–2,84 га/год на передачі III-1.

При виконанні різних технологічних операцій агрегат розвиває наступні швидкості: на передпосівному обробітку ґрунту з одночасним посівом 8,53–11,63 км/год, на передпосівному обробітку ґрунту 8,86–12,02 км/год, на обробці пари 8,86–12,24 км/год.

Величина тягового опору та завантаження потужності двигуна залежать від властивостей ґрунту, виду виконуваної технологічної операції, від глибини обробки та швидкості руху агрегату. Ширина захвату знаряддя, що дорівнює 3,6 м, забезпечує повне завантаження двигуна трактора JOHN DEERE на здвоєних рушіях 16,9R30.

При виконанні польових робіт трактором JOHN DEERE на передачі III-

2 в агрегаті з ґрунтообробною зброєю АППУ-3,6 проводиться якісна підготовка ґрунту за найвищої продуктивності та високого ступеня завантаження двигуна.

Коефіцієнт використання номінальної експлуатаційної потужності двигуна трактора JOHN DEERE сягав 0,96.

Питома витрата палива за час змінної роботи та коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни в залежності від глибини обробки склали:

- на передпосівній підготовці ґрунту з одночасним посівом 4,4–4,5 кг/га, 0,72–0,74;
- на передпосівному обробітку ґрунту 3,4–3,8 кг/га, 0,74–0,76;
- на обробці пари 2,58–4,1 кг/га, 0,74–0,81.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при виконанні різних технологічних операцій знаряддя за енергетичними та експлуатаційно-технологічними показниками відповідає вимогам ТЗ.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що знаряддя є:

- універсальним за рахунок можливості виконання різних технологічних операцій (передпосівна обробка ґрунту та посів, обробка пари, основна обробка та чизелювання ґрунту) з перестановкою на раму знаряддя відповідних робочих органів;
- комбінованим за рахунок можливості виконання за один прохід агрегату кількох технологічних операцій;
- знаряддя також має можливість індивідуального регулювання глибини обробітку ґрунту дисковими робочими органами, незалежно від положення опорних коліс або переведення дискових робочих органів у транспортне становище у разі відсутності їхньої необхідності.

#### **4.2. Висновки до розділу**

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено:

1. Знаряддя КБ з обґрунтованою шириною захвату 3,6 м забезпечує

дотримання агротехнічних вимог до обробітку ґрунту при виконанні різних технологічних операцій (передпосівна обробіток ґрунту та посів, передпосівна обробіток ґрунту, обробіток пари, основний обробіток та чизелювання- ґрунту) на швидкостях руху агрегату 2 .

2. Зі збільшенням робочих швидкостей від 7,0 до 12,0 км/год на різних технологічних операціях продуктивність агрегату збільшується на 32÷40 %, при цьому тяговий опір агрегату збільшується на 10÷12 %, а питома витрата палива – на 5,5÷11 %, що показує ефективність роботи агрегату на підвищених.

3. На основі балансу часу роботи агрегату за нормативну тривалість зміни встановлено, що коефіцієнт використання часу зміни складає:

- на передпосівному обробітку ґрунту з одночасним посівом 0,75÷0,76;
- на передпосівному обробітку ґрунту 0,78÷0,79;
- на обробці пари 0,8÷0,83.

Питома витрата палива за час змінної роботи складає:

- на передпосівній підготовці ґрунту з одночасним посівом 4,4÷4,5 кг/га;
- на передпосівному обробітку ґрунту 3,43÷3,53 кг/га;
- на обробці пари 3,79÷3,89 кг/га.

4. Результати теоретичних досліджень узгоджуються з результатами експериментальних досліджень, що показує адекватність теоретичних положень реального процесу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Перспективним напрямом у вдосконаленні ґрунтообробних та посівних машин для сільськогосподарських господарств з обмеженою площею ріллі є створення ґрунтообробно-посівних агрегатів комбінованих універсальних та уніфікованих знарядь зі змінними робочими органами, які виконують кілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

1. Встановлено, що досягнення максимальної продуктивності та мінімального тягового опору при роботі ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5, що поєднує кілька технологічних операцій при виконанні передпосівної обробки ґрунту та посіву, при основній обробці та чизелюванні ґрунту можливе при певному поєднанні ширини захвату знаряддя го зусилля трактора. Раціональні значення швидкості руху агрегату залежать від глибини обробки, питомого опору ґрунту, параметрів робочих органів та величини сили тертя.

2. Розроблено та досліджено послідовність виконання операцій запропонованої технології робочого процесу ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5. Визначено раціональні відстані між рядами робочих органів залежно від швидкості руху агрегату, глибини обробки та стану ґрунту. Вони становлять:

- від дискових робочих органів до лапи першого ряду  $l_2 = 0,7 \dots 0,9$  м;
- від лапи першого ряду до лапи другого  $l_1 = 0,6 \dots 0,8$  м;
- від лапи другого ряду до котка першого ряду  $l_3 = 0,4 \dots 0,6$  м;
- відстань між котками  $l_4 = 0,5 \dots 0,7$  м залежно від діаметра котка.

3. Розроблено та досліджено компоувальну та конструктивну схеми ґрунтообробно-посівного агрегату АПК-5 з вибраними типами та параметрами робочих органів з урахуванням параметрів їх взаєморозташування. Обґрунтовано раціональні значення ширини захоплення агрегату та швидкості руху агрегату для різних типів ґрунтів, глибини обробки та максимально допустимого використання тягового зусилля на гаку трактора: на

передпосівній обробці, основній обробці ґрунту та обробці пари ширина захвату – 3,6 м, швидкість руху агрегату – 9–12 км/год, на чизельній обробці ґрунту ширина захвату – 6,2,2.

4. Використання наукового напрямку універсалізації при створенні знаряддя зі змінними робочими органами та поєднання технологічних операцій в одній знаряддя відповідають енергозберігаючим технологіям, забезпечують виконання передпосівного, основного та чизельного обробітків ґрунту та обробітку пари з дотриманням агротехнічних вимог з повним використанням потужності трактора. Ефект від впровадження ґрунтообробного знаряддя АПК-5 в агрегаті з трактором JOHN DEERE полягає в тому, що порівняно з традиційною технологією виробництва зернових культур потреба в техніці скорочується на 40 %, витрата палива – у 1,9 рази, трудомісткість виконання сільськогосподарських робіт – у 2 рази. Економія коштів від придбання техніки на 1 гектар складає 844 грн./га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Strip-till в малих та середніх господарствах: перспективи впровадження [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://propozitsiya.com/ua/stryp-till-v-malyh-ta-serednih-gospodarstvah-perspektyvu-vprovadzhennya>
2. Аналіз стану ґрунтів сільськогосподарських угідь (за даними ДУ “Інститут охорони ґрунтів України”).: оф. веб-сайт. URL: <http://www.iogu.gov.ua/> (дата звернення 05.03.2021 р.).
1. Застосування смугового обробітку в малих та середніх господарствах. *Аграрна техніка та обладнання*. 2018. №1. С. 56-60.
1. Ковальчук Д.А. Математичне моделювання ґрунтообробного агрегату для Strip-till технології обробітку ґрунту. *Збірник студентських наукових праць “Сільськогосподарські науки”*. 2021. №3 (3). С..
2. Ковальчук Д.А. Розробка та обґрунтування комбінованого передпосівного агрегату для технології Strip-till фермерських підприємств. *Збірник студентських наукових праць “Сільськогосподарські науки”*. 2021. №1 (1). С. 110-114.
3. Козишкурт С.М., Савчук Н.В. Основні причини погіршення ґрунтово- екологічних умов земель, *Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи, ДДАЕУ*, 2017 с. 104-106.
4. Крачок Л. І. Новітні технології в сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження / Л. І. Крачок // *Сталий розвиток економіки. Міжнародний науково-виробничий журнал*. – 2016. – №3.
5. Яропуд В. М., Твердохліб І. В., Спірін А. В. *Машини та обладнання і їх використання в рослинництві: навч. посіб.* Вінниця: ВНАУ, 2020. 401 с.
6. Петерсен Майк, Грінченко С. Нові перспективи із Strip-till. Ґрунтозахисна технологія Strip-till дозволяє поєднати переваги традиційного землеробства і прямої сівби. *The Ukrainian Farmer*. 2016. № 8. С. 88-90.
7. Пришляк В.М., Ковальчук О.В., Яропуд В.М. Робочі процеси сільськогосподарських машин. Машини для обробітку ґрунту, посіву, догляду

за рослинами. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» денної форми навчання. Вінниця: ВНАУ, 2017. 76 с.

8. Про збереження та відтворення родючості ґрунтів. *Інформаційно-аналітичні матеріали НААН України щодо наукового обґрунтування заходів із збереження та відтворення родючості ґрунтів*. Вересень 2018.

9. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003р № 962-IV, ВВР, 2013, № 39, ст.349 зі змінами від 20.09.2019р. № 124-IX, ВВР, 2019, № 46, ст.295.

10. Серета Л. П. Технологія Strip-till в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. Сучасні проблеми землеробської механіки : матеріали XX міжнародної наукової конференції, присвяченої 119- й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка, 17-19 жовтня 2019 р. Миколаїв : МНАУ, 2019. С. 70–74.

11. Серета Л. П., Швець Л. В., Труханська О. О. Внесення органічних рідинних добрив в умовах фермерських господарств. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. №2 (105). С. 25–30.

12. Серета Л.П, Швець О.І. Технологія STRIP-TILL в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я "Ukrainian Black Sea region agrarian science"*, № 4, 2019.

13. Серета Л.П. Технологія Strip-till в рослинництві. Перспективи впровадження в Україні. *Зрошувальне землеробство, ДДАЕУ*. 2017 С. 104-107.

14. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В., Захарчук С.А., Петрович Є.В. Перспективи розвитку машин для обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2015. №2 (90) С. 5-9.

15. Серета Л.П., Ковальчук Д.А., Обґрунтування параметрів ґрунтообробного агрегату для технології Strip-till. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021 №3 (114). С. 30-40.

16. Серета Л.П., Ковальчук Д.А., Розробка комбінованого

грунтообробного пристрою для ресурсощадних технологій обробітку ґрунту. *«Інноваційні технології в АПК»* : матеріали VIII Всеукраїнської наук.-прак. конф., (м. Луцьк, 20- 21 травня 2021 р.). м. Луцьк, 2021. С. 116-118.

17. Середа Л.П., Купчук І.М., Ковальчук Д.А., Замрій М.А., Розробка пристрою для фрезерного обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив. *Техніка, енергетика, транспорт в АПК*. 2021. Вип. №1 (112). С. 152-161.

18. Середа Л.П., Труханська О.О., Швець Л.В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології Strip-till з активними фрезерними робочими органами. *Вібрації в техніці і технологіях*. 2019. Вип. 4 (95). С. 65-71.

19. Середа Л.П., Швець Л.В., Швець О.І. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. №3 (110). С. 117-125.

20. Середа Л.П., Ковальчук Д.А. Патент №147341 Україна, МПК (2021.01) А01В 49/00. Патент опубліковано 28.04.2021 р., бюл. №17/2021. Патент: «Багатофункціональний сільськогосподарський мотоблок».

21. Середа Л.П., Руткевич В.С., Зінев М.В. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 1 (100). С. 111 –123.

22. Шустік Л., Громадська В., Мариніна Л., Негуляєва Н., Супрун В. Шляхи реалізації технологій смугового обробітку ґрунту в малих і середніх господарствах. *Техніка і технології АПК*. 2017. №11. С.16-20.

23. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. (2019). Experimental study in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 12(1). 117-128.

24. Romaniuk W., Polishchuk V., Marczuk A., Titova L., Rogovskii I., Borek K. (2018). Impact of sediment formed in biogas production on productivity of crops and ecologic character of production of onion for chives. Agricultural Engineering (wir.ptir.org). Krakow. Poland. 22(1). 105- 125. <https://doi.org/10.1515/agriceng->

2018-0010.

25. Rogovskii I. L., Titova L. L., Trokhaniak V. I., Rosamaha Yu. O., Blesnyuk O. V., Ohiienko A. V. (2019). Engineering management of two-phase coulter systems of seeding machines for implementing precision farming technologies. *Inmateh. Agricultural Engineering*. 58(2). 137-147.

26. Кутковецька Т.О., Березовський А.П. Теоретичне обґрунтування показників ефективності використання машино-тракторних агрегатів при виконанні операцій з обробітку ґрунту. *Вчені записки Таврійського нац. унів. ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2020. Том 31 (70). Ч. 2. № 2. С. 164–168.

27. Canales, E., Bergtold, J. S., & Williams, J. R. (2018). Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas. *Agricultural and resource economics review*, 47(1), 90-117. DOI: <https://doi.org/10.1017/age.2017.23>

28. Darapuneni, M. K., Idowu, O. J., Lauriault, L. M., Dodla, S. K., Pavuluri, K., Ale, S., ... & Angadi, S. V. (2019). Tillage and nitrogen rate effects on corn production and residual soil characteristics. *Agronomy Journal*, 111(3), 1524-1532. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0582>

29. Dospekhov, B. A. (2015). *Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results)*. M. Agropromizdat. 351 p.

30. DSTU 4138-2002 *Seeds of crops. Methods of determining quality*.

31. Fernández, F. G., Sorensen, B. A., & Villamil, M. B. (2015). A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till. *Agronomy Journal*, 107(4), 1339-1346.

32. Initial requirements for agricultural machinery (2015). MR 46.16.05.01-94– Collection No. 1-94 *Agricultural machinery. Sowing machines. The method of determining the efficiency of beet planters of precision sowing, taking into account the probability of the characteristics of soil, climate and economic conditions*.

33. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., Gałęzewski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years

of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 10(10), 1596.

34. Kravchuk, V., Shustyk, L., Pogorely, V., Marynina, L., Marinyn, S., Novohatskyi, N. (2016). Technical and technological solutions for strip tillage. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 18. P. 20-31.

35. Kravchuk, V. I., Pohoriliy, V. V., Shustik, L. P., Marynin, S. P., Ponomar, Yu. V., Novokhatskyi, M. L. (2015). The method of strip cultivation of the soil when growing crops. Patent No. 98647. Registered on 05/12/2015.

36. Kravchuk, V. I., Pohorily, V. V., Shustik, L. P., Marynina, L. I., Stepchenko, S. V., Nilova, N. P., Karpenko, A. A. (2018 ). Seeder for sowing with synchronization of seed placement according to the chess type. Patent No. 129263. Registered on 10/25/2018.

37. Lambert, D. M., & Lowenberg-DeBoer, J. (2023). Economic analysis of row spacing for corn and soybean. *Agronomy Journal*, 95(3), 564-573.

38. Luna, J. M., & Staben, M. L. (2022). Strip tillage for sweet corn production: yield and economic return. *HortScience*, 37(7), 1040-1044.

39. Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10517.

40. Nash, P. R., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2023). Corn yield response to timing of strip-tillage and nitrogen source applications. *Agronomy Journal*, 105(3), 623-630. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0338>

41. Petrychenko, V. F., Kolisnyk, S. I., Panasyuk, O. Ya., Bronnikova, L. F. (2016). Scientific bases of increasing the productivity of short-rotational crop rotations in the conditions of the forest steppe of Ukraine. *Feeds and feed production*. Vol. 55. P. 3-9.

42. Petrychenko, V., Kolisnyk, S., Panasyuk, O., Bronnikova L. (2017). Agroecological approaches to increasing the productivity of short-rotation soybean-corn crop rotations depending on the degree of crop saturation and their fertilization system in the Forest Steppe of Ukraine. *Feeds and feed production*. Issue 59. P. 3-9.

43. Potratz, D. J., Mourtzinis, S., Gaska, J., Lauer, J., Arriaga, F. J., & Conley, S. P. (2020). Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy Journal*, 112(1), 72-80.
44. Protocol of state standard tests No. 01-16-2015. (2015). VEGA-8 Profi universal pneumatic seeder. Research.
45. Różewicz, M. (2022). Review of current knowledge on strip-till cultivation and possibilities of its popularization in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, (49), 20-30.
46. Shustik, L., Hromadska, V., Marynina, L., Nehuliaieva, N., Suprun, V. (2017). Ways of implementing strip cultivation in small and medium-sized farms. *Agricultural machinery and technologies*. No. 11 (98). P. 16-21.
47. Shustik, L., Marynin, S., Marynina, L. (2015). Strip tillage: domestic engineering at the start. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for the agriculture of Ukraine. Issue 19 (33). *Doslidnytske*. P. 152-158.
48. Shustik, L., Nilova, N., Stepchenko, S., Tikhonenko, O. (2019). Effectiveness of strip tillage (STRIP-TILL) in corn cultivation. *Agricultural machinery and technologies*. No. 1 (110). P. 25-29.
49. SOU 74.3-37-129: 2024 Testing of agricultural machinery. Sowing machines. Test methods.
50. Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2024. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f61ed588-e2df-4188-857c-6c7ea8153097/content>
51. Volkodav, V. V. (ed.) (2021). Methodology of state variety testing of crops (cereal, cereal and leguminous crops). K. 69 p.
52. Weyers, S. L., Archer, D. W., Forcella, F., Gesch, R., & Johnson, J. M. (2018). Strip-tillage reduces productivity in organically managed grain and forage cropping systems in the Upper Midwest, USA. *Renewable Agriculture and Food*

Systems, 33(4), 309-321. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170517000084>

53. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., Kostogryz, P. V. (2015). Basics of scientific research in agronomy: Textbook. K.: Diia. 288 p.