Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“___“ _____2026 р.

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

«Механізація вирощування цибулі з досконаленням конструкції універсального культиватора»

Виконав здобувач вищої освіти ІІ курсу,
групи АІ-25М3
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності Н7 «Агроінженерія»
_____ Почапський Ілля Іванович
«____»_____2026 р.

Керівник роботи
професор, докт. техн. наук
_____ Василь САЛО
«_____»_____2026 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук
_____ Станіслав КАТЕРИНИЧ
«_____»_____2026 р.

М. Кременчук

Підписано КЕП
Центральноукраїнський національний технічний університет
Почапський Ілля Іванович
Сертифікат: 514B5C86A1E5DA11040000000814626O0F1F26405
Дійсний з 13.02.2026 16:14:46 по 13.02.2027 16:14:45

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань H «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина»
Спеціальність H7 «Агроінженерія»
Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
«___» _____ 2026 року

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

_____ Почапського Іллі Івановича _____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування цибулі з досконаленням конструкції універсального культиватора

2. Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 07.12.2026 р.

4. Мета та завдання дипломної роботи: Удосконалення технології вирощування цибулі та підвищення ефективності функціонування універсального культиватора шляхом обгрунтування раціональних конструктивних параметрів його додаткових робочих органів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: 1. Технологічна карта на вирощування цибулі; 2. Наукова частина; 3. Результати порівняльного аналізу грунтообробних агрегатів; 4.Зображення удосконаленого робочого органу культиватора.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вивчення технологій вирощування цибулі*	17.09 – 25.09.25	
2	*Ознайомлення з технічним забезпеченням виробництва цибулі*	26.09 – 5.10.25	
3	*Розробка заходів по удосконаленню технології вирощування цибулі*	6.10 – 15.10.25	
4	*Виконання дослідницької частини*	16.10 – 01.11.25	
5	*Практична реалізація результатів досліджень*	02.11. – 10.11.25	
	Розробка заходів з охорони праці	11.11 – 15.11.25	
6	*Оформлення ілюстративної частини роботи*	16.11. – 24.11.25	
7	*Оформлення пояснювальної записки*	25.11 – 30. 11.25	

Дата видачі завдання
«__16__» ____09_____2026 р.

Підпис керівника

_____ _____
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«__16__» _____09_____2026 р.

Підпис здобувача _____ ___Почапський І.І._____
(прізвище та ініціали)

Анотація

Механізація вирощування цибулі з досконаленням конструкції універсального культиватора

В роботі наведено результати аналізу поширених технологій вирощування цибулі та технічного забезпечення процесів основного обробітку грунту, запропоновано шляхи їх удосконалення. Представлена методика та технічне забезпечення експериментальних досліджень характеру розподілу агрегатів грунту по глибині залягання залежно від загальної глибини обробітку та по окремих горизонтах. Обгрунтовано раціональні параметри борони комбінованого універсального культиватора.

Ключові слова: цибуля, основний обробіток грунту, агрегатний склад грунту, універсальний культиватор, борона.

Annotation

Mechanisation of onion cultivation, including improvements to the design of a universal cultivator

This paper presents the results of an analysis of common onion cultivation technologies and the technical equipment used for primary soil tillage, along with proposed improvements. A methodology and the technical setup for experimental research into the distribution of soil aggregates by depth—relative to the total tillage depth and within specific soil horizons—are described. Rational parameters for the harrow component of a universal combination cultivator are substantiated.

Keywords: onion, primary soil tillage, soil aggregate composition, universal cultivator, harrow.

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту

Під час підготовки роботиавтор використовував інструмент генеративного штучного інтелекту GPT, (жовтень, листопад 2026р) для перевірки граматики та часткового корегування стилю. Штучний інтелект не використовувався для отримання результатів та їх аналізу. Автор несе повну відповідальність за остаточний зміст роботи.

Зміст пояснювальної записки

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
	Вступ	5
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень	6
2.1	Аналіз поширених технологій вирощування цибулі та визначення шляхів їх покращення	6
2.2	Порівняльна оцінка ефективності використання машинно-тракторних агрегатів для основного обробітку ґрунту	15
2.2.1	Вихідні дані до розрахунку	15
2.2.2	Розрахунок продуктивності агрегатів	15
2.2.3	Визначення експлуатаційної продуктивності	16
2.2.4	Визначення тривалості виконання робіт на площі 130 га	17
2.2.5	Розрахунок витрат пального	18
2.2.6	Визначення тягової потужності	18
2.2.7	Визначення годинної витрати пального	19
2.2.8	Визначення витрат пального на 1 га та на всю площу	20
2.2.9	Загальні витрати пального на обробіток 130 га	21
2.2.10	Узагальнені результати порівняльного розрахунку	21
3	Наукова частина. Дослідження характеру розподілу агрегатів грунту при плоскорізному обробітку для встановлення раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів робочих органів.	24
4.	Практична реалізація результатів досліджень.	33
4.1.	Загальні агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту машинами з плоскорізними робочими органами	33
4.2.	Особливості конструкції та принцип роботи важкого комбінованого культиватора КПМ-4	35
4.3	Зміст удосконалення конструкції універсального комбінованого культиватора.	38
4.4	Розрахунок борони з плоскими зубами та тупим кутом входження у грунт	39
4.5	Тяговий опір та стійкість ходу борони	42
5	Охорона праці	45
5.1	Основні вимоги з охорони праці під час вирощування цибулі ріпчастої	45
5.2	Вимоги з охорони праці під час виконання основного безвідвального обробітку ґрунту важким комбінованим культиватором	47
	Висновки	49
	Список використаної літератури	51

Вступ

За умов глобального потепління відбуваються помітні зміни у кліматичних умовах України. Суттєве потепління відкриває шляхи для вирощування більш теплолюбивих культур, ряду овочевих та баштаннихі навіть бавовни. Та поруч з новими можливостями загострюється проблема нестачі вологи, особливо в період активної вегетації сільськогосподарських культур. Поруч з популярними шляхами вирішення даної проблеми запровадженням зрошування багато уваги приділяється іншим шляхам серед яких покращення процесів накопичення вологи в грунті в осінньо-зимовий період та збереження її в грунті тривалий час. До таких шляхів належать пропозиції використання технологій мінімального, No-till. Strip-till обробітку грунту. Однозначно позитивного результату на даний час на важких грунтах можна досягти застосуванням глибокого чизельного осіннього обробітку, який дозволяє дощовій та сніговій воді ефективно проникати у нижні шари грунту і зберігатися там тривалий час.

З урахуванням даних проблем ускладнюються і технології вирощування сільськогосподарських культур, в окремих випадках відбувається їх спрощення- засосування прямої сівби, а в інших ускладнюються – організація зрошення, яке вимагає суттєвих стартових затрат. При цьому, застосовувати зрошення повсемісно тех не представляється можливим.Запаси води в річках і штучних водоймах суттєво знижуються.

У звязку з цим, виникає необхідність раціонально використовувати всі можливі шляхи для вирішення даної проблеми. Не є винятком необхідність удосконалення, як самих технологій вирощування так і технічного забезпечення виробничих процесів. Серед овочевих культур на особливу увагу заслуговує цибуля, тому робота присвячена удосконаленню теїнології її вирощування та технічного забезпечення процесів основного обробітку

грунту є цілком актуальною і призвана підвищити загальну ефективність галузі овочівництва.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Аналіз поширених технологій вирощування цибулі та визначення шляхів їх покращення

1. Грунтові умови вирощування

Ріпчасту цибулю рекомендовано вирощувати на добре дренованих структурних, родючих, ґрунтах легкого та середнього механічного складу. Кислотність грунту має бути близька до нейтральної, орієнтовно pH 6,1-7,0 [1; 2]. В центральних областях України придатними є чорноземи типові, чорноземи опідзолені, темно-сірі та сірі лісові ґрунти за умови належного регулювання їх поживного і водного режиму.

Цибуля, як рослина, характеризується відносно слабкою кореневою системою, тому особливо реагує на ущільнення ґрунту, нестачу вологи та забур‘яненість полів. Водночас перезволожені як і погано дреновані ділянки грунту для неї є небажаними.

2. Місце цибулі в сівозміні

Для цибулі, як і для більшості сільськогосподарських культур, дотримання сівозміни є досить важливим. Кращими попередниками вважають озимі та ярі зернові культури, ранню картоплю, огірки, ранню капусту, томати, горох та однорічні трави [2]. За результатми досліджень Інституту овочівництва і баштанництва НААН цибулю не рекомендують повертати на попереднє поле раніше ніж через 5-6 років [2]. Для центральної частини України ця вимога є особливо важливою через необхідність обмеження накопичення збудників хвороб і шкідників.

3. Основний обробіток ґрунту

Після збирання попередника за наявності насіння і кореневищ бур‘янів рекомендовано проводити лущення стерні. На ущільнених ґрунтах

лемішними лущильниками на 10-12 см, дисковими лущильниками — приблизно на 6-8 см. Після внесення органічних і мінеральних добрив проводять зяблеву оранку. На чорноземах рекомендована глибина оранки становить близько 25-27 см [2]. За появи сходів бур'янів восени можливе додаткове розпушування.

Рано навесні після досягнення фізичної стиглості ґрунту проводять боронування для закриття вологи. Передпосівний обробіток має забезпечити дрібногрудочкуватий, вирівняний і достатньо ущільнений посівний шар [2].

Для цих операцій у господарствах можуть застосовуватися:

- трактори: ЮМЗ-6Л, МТЗ-82, ХТЗ-150К
- дискові борони: БДТ-3, БДТ-7;
- лущильники: ЛДГ-5, ЛДГ-10;
- плуги загального признаення: ПЛН-3-35, ПЛН-5-35 ПЛН-4-35;
- зубові борони для ранньовесняного закриття вологи та вирівнювання поверхні поля: БЗСС-1,0, БЗТС-1,0;
- культиватор для передпосівного обробітку різних марок, як приклад - КПС-4;

Для основного внесення мінеральних добрив рекомендовано використовувати причіпні машини з відцентровими розкидувачами для внесення мінеральних добрив - МВУ-5, МВУ-8, РУМ-5, РУМ-8.

Для невеликих і середніх господарств можна використовувати навісні розкидачі добрив — МВУ-0,5, МВД-0,8 та інші.

За сучасної інтенсивної технології бажано застосовувати локальне внесення добрив одночасно із сівбою. Це особливо актуально для цибулі, оскільки її коренева система порівняно компактна.

Для передпосівної підготовки ґрунту, основним завданням якої є отримання добре вирівняної поверхні поля та дрібногрудочкуватого посівного шару, доцільно використовувати агрегати у складі ЮМЗ-6Л + КПС-4 + БЗСС-1,0, або сучасні комбіновані агрегати для передпосівного обробітку.

Для цибулі якість цієї операції має особливе значення, оскільки насіння загортають неглибоко, переважно на 2–3 см.

4. Особливості системи удобрення

Систему удобрення доцільно встановлювати з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту та запланованої врожайності. За рекомендаціями ІОБ НААН для правобережного Лісостепу на темно-сірих лісових ґрунтах і опідзолених чорноземах орієнтовно передбачено 30–40 т/га органічних добрив, N_{60}, $P_{60–90}$, $K_{60–90}$ [2], але свіжий гній безпосередньо під цибулю застосовувати не рекомендується. Органічні добрива краще вносити під попередник або восени під зяблеву оранку. Фосфорні та калійні добрива доцільно вносити переважно восени, а азотні частково під передпосівну культивацію та у підживлення [2].

Для сучасних технології в овочівництві доцільним є локальне внесення добрив, оскільки воно дає змогу наблизити поживні речовини до кореневої системи та підвищити ефективність їх використання. Досить ефективним є поєднання локального внесення P і K із диференційованим живленням за краплинного зрошення [3].

5. Підготовка посівного матеріалу.

Для однорічної технології бажано використовувати високоякісне насіння районованих сортів і гібридів. Насіння повинно відповідати встановленим вимогам щодо сортових і посівних якостей [2].

Перед сівбою, залежно від технології, можуть застосовуватися калібрування, оброблення мікроелементами, стимуляторами росту та дозволеними засобами захисту. Використання протруйників дозволено здійснювати відповідно до чинного законодавства та актуального переліку дозволених препаратів.

6. Сівба цибулі насінням

У центральних регіонах України цибулю з насіння рекомендовано висівати рано навесні, щойно ґрунт досягає фізичної стиглості та створюються умови для якісної підготовки посівного шару.

За рекомендаціями того ж ІОБ НААН норма висіву становить приблизно:

• широкорядний спосіб - 6–8 кг/га;

• стрічковий - 8–10 кг/га;

• дражоване насіння - 4–6 кг/га;

• оптимальна густота - близько 650-800 тис. рослин/га;

• глибина загортання насіння - 2-3 см [2].

Зазвичай застосовують широкорядну або стрічкову схему сівби. Конкретну схему доцільно узгоджувати з типом сівалки та можливістю виконання механізованого догляду.

7. Вирощування цибулі з сіянки

Дворічна технологія передбачає одержання сіянки в перший рік і вирощування товарної цибулини з неї у другий. Такий спосіб залишається важливим для зон із менш стабільними умовами однорічного вирощування [2; 4].

Для товарної цибулі сіянку висаджують після прогрівання ґрунту та зменшення ризику сильних весняних приморозків. Для фракції 10–15 мм рекомендована орієнтовна норма - 0,4-0,5 т/га, для 15,1–22 мм - 0,7–0,8 т/га, а для 22,1–30 мм - 1,2–1,6 т/га [2].

Сівбу здійснюють з міжряддям 45 см або застосовують стрічкову схему 20+50 см. Глибина садіння становить близько 4–6 см, причому цибулина має бути прикрита ґрунтом приблизно на 2–4 см [2].

При товарному виробництві для сівби найбільш доцільно використовувати пневматичні сівалки точного висіву, які забезпечує рівномірний розподіл насіння. В якості енергетичного засобу використовують трактори тягового класу 2, як приклад ЮМЗ-6л та інші. Для господарств із відповідним оснащенням можуть застосовуватися спеціалізовані овочеві сівалки типу СО-4,2 із одночасним прикочуванням та сучасні сівалки точного висіву.

Для висаджування сіянки використовують спеціальні сівалки ЧС-4, ЧСН-4.

За краплинного зрошення доцільне застосування сівалки, яка може одночасно укладати краплинну стрічку.

8. Догляд за посівами

Цибуля на ранніх етапах росту розвивається повільно, тому особливо важливим є систематичне знищення бур'янів.

Догляд за посівами цибулі передбачає виконання цілого ряду технологічних операцій, серед яких: досходове та післясходове боронування за відповідних умов; руйнування ґрунтової кірки; захист від хвороб і шкідників; міжрядні культивації; знищення бур'янів у рядках; підтримання оптимальної вологості ґрунту; підживлення.

Перше міжрядне розпушування рекомендують виконувати після появи сходів на глибину 4 - 6 см, наступні - після опадів або поливів, поступово збільшуючи глибину до 8 - 10 см. Захисна зона біля рядка має становити приблизно 7-10 см [2].

Для механізованого догляду особливо важливо забезпечити точність сівби та прямолінійність рядків. Це дає можливість використовувати культиватори з відповідними робочими органами та мінімізувати пошкодження рослин.

Для міжрядь 45 см можна використовуватиагрегати у складі

ЮМЗ-6л (МТЗ-80/82) + КРН-4,2 з відповідним комплектуванням робочими органами для цибулі. Залежно від ширини міжрядь застосовують овочеві культиватори, обладнані стрілчастими лапами, бритвами або іншими робочими органами. В більшості технологічних карт на вирощування цибулі передбачено

три міжрядні обробітки агрегатом.

9. Підживлення

Перше підживлення проводять у фазі 3–5 листків, переважно азотними добривами. На початку формування цибулини перевагу надають фосфорно-калійному живленню [2,9].

Орієнтовна схема:

3–5 листків → $N_{15–20}$ → початок формування цибулини → $P_{15–20}K_{15–20}$.

Фактичну кількість добрив коригують за результатами аналізу ґрунту, попередником, рівнем урожайності та способом зрошення. Для підживлення використовують ті ж культиватори КРН-4,2 обладнані пристосуваннями для внесення гранульованих чи рідких добрив.

10. Зрошення

Для центральних регіонів України питання водозабезпечення цибулі набуває особливого значення в роки з дефіцитом опадів. Найбільш керованим способом є краплинне зрошення, яке дає можливість підтримувати необхідну вологість кореневмісного шару та одночасно проводити фертигацію.

Уфективним є диференційований режим краплинного зрошення та поєднання його з локальним внесенням добрив [3,8].

Водночас цибуля негативно реагує як на тривалий дефіцит води, так і на перезволоження. Тому поливи потрібно здійснювати з урахуванням вологості ґрунту, фази розвитку рослин, погодних умов і фактичного водоспоживання. В господарствах для зрошення використовують стандартні набори обладнання для крапельного зрошення:

- насосна станція;
- фільтраційна установка;
- магістральний трубопровід;
- розподільчі трубопроводи;
- краплинні стрічки;
- вузол фертигації;
- засоби контролю тиску та витрати води.

Для центральних регіонів України кількість поливів не є заданою постійною величиною на всі роки: її коригують за погодними умовами, вологою ґрунту та фазою розвитку рослин. За 3–4 тижні до збирання поливи припиняють.

11. Захист від хвороб і шкідників

Найбільш небезпечними для промислових посівів можуть бути пероноспороз, шийкова та донцева гнилі, а також комплекс шкідників цибулі. Для захисту від шкідників і хвороб важливе значення, крім хімічних засобів, мають: дотримання сівозміни; використання здорового насіннєвого та садивного матеріалу; оптимальна густота рослин; регулювання вологості; знищення рослинних решток; своєчасний моніторинг посівів; застосування дозволених засобів захисту лише за необхідності.

Комплексні системи захисту овочевих культур повинні поєднувати агротехнічні, біологічні та інші методи [5,7].

Захист посівів будують на поєднанні механічних та хімічних методів.

Для внесення робочих розчинів можуть використовуватися: сільськогосподарські агрегати до складу яких входять робочі машини марок:

- ОН-400;
- ОП-2000;
- ОПШ-15;
- інші сучасні штангові обприскувачі причіпного типу.

Конкретний препарат, норма та строки застосування повинні визначатися тільки відповідно до чинного «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні», та регламенту конкретного препарату.

12. Збирання врожаю

До збирання приступають, коли цибулини сформувалися, листки втрачають тургор, починають вилягати та підсихати, а цибулини набувають характерного для сорту забарвлення покривних лусок.

За механізованого збирання можливе попереднє підкошування або скошування листків на висоті 7–8 см. Після викопування цибулю укладають у валки для дозрівання та підсушування. За сухої погоди її можна залишати на полі для підсушування на 1–2 тижні, а за несприятливої погоди продукцію переміщують під навіс або у вентильоване приміщення [2].

Механізоване збирання складається з декількох операцій:

Підкопування, викопування, укладання у валок, підсушування, підбирання, транспортування.

Для підкопування та викопування можуть використовуватися спеціалізовані цибулезбиральні машини та підкопувачі, зокрема КЛС-1,4, КПХ-2К, ЛУК-3 та ЛКЕ-1,4.

Конкретну модель збиральної машини доцільно підбирати залежно від особливостей технології вирощування - ширини міжрядь, площі поля, способу вирощування та наявних енергетичних засобів.

13. Післязбиральна доробка і зберігання

Після сушіння цибулю очищають від ґрунту та рослинних решток, сортують, вилучають механічно пошкоджені та уражені хворобами цибулини. Листки обрізують, залишаючи невелику шийку.

Особливо важливими для лежкості є достатнє визрівання цибулин, добре сформовані сухі покривні луски, відсутність механічних пошкоджень, якісне просушування, сортування, стабільний належний режим зберігання.

Після сортування та доробки рекомендовано орієнтуватися на вимоги ДСТУ 3234 щодо свіжої цибулі ріпчастої, призначеної для реалізації та зберігання [2].

Узагальнена технологія вирощування цибулі може бути представлена наступною послідовністю дій:

Попередник, лущення, внесення добрив, зяблева оранка, ранньовесняне закриття вологи, передпосівна культивація, підготовка насіння, ранньовесняна сівба, коткування, досходове/післясходове боронування, міжрядні культивації, підживлення, зрошення, захист рослин, припинення поливів перед достиганням, підготовка до збирання, викопування, дозрівання і сушіння, сортування, обрізування, зберігання.

Для центральних областей України найбільш технологічно обґрунтованою можна вважати однорічну технологію вирощування з насіння за наявності якісного насіннєвого матеріалу та можливості регулювати

водний режим. За нестабільного зволоження, але за певних господарських умов доцільним може залишатися вирощування через сіянку.

Орієнтовна технологічна карта на вирощування цибулі з насіння з урахуванням обгрунтованих у подальших розділах змін наведена в табл.1.

Технологічна карта

Табл.1.

На вирощування цибулі ріпчастої, центральні регіони України, однорічна технологія з насіння, міжряддя 45 см, площа 130 га.

№	Технологічна операція	Строк	Агрегат	Робоча швидк. км/год	Продуктивність, га/год	Витрата пального, л/га
1	Лущення стерні	після попередника	МТЗ-1221 + ЛДГ-10	8–10	5,5–7,0	6–8
2	Внесення мінеральних добрив	серпень–вересень	МТЗ-82 + МВУ-5	8–10	5,0–7,0	3–5
3	Оранка	вересень–жовтень	Т-150К + ПЛН-5-35	7–8	1,5–2,0	18–22
4	**Безвідвальний обробіток**	**вересень–жовтень**	**Т-150К + КПМ-4**	**8–10**	**2,1**	**8,42**
5	Ранньовесняне боронування	березень–квітень	МТЗ-82 + БЗСС-1,0	8–10	7,0–9,0	2,5–3,5
6	Передпосівна культивація	перед сівбою	МТЗ-82 + КПС-4	7–9	3,5–4,5	5–7
7	Підготовка насіння	перед сівбою	установка для підготовки	—	—	0,1–0,3
8	Сівба з прикочуванням	рання весна	МТЗ-80 + СО-4,2	5–6	1,8–2,5	5–7
9	Досходове боронування	до сходів	МТЗ-82 + легкі борони	5–7	5–7	2–3
10	Перше внесення гербіциду	за регламентом	МТЗ-80 + ОН-400	6–8	4,0–5,5	0,8–1,0
11	Перше міжрядне розпушування	3–5 листків	МТЗ-80 + КРН-4,2	4–5	2,5–3,1	3,0–3,2
12	Перше підживлення	3–5 листків	МТЗ-82 + МВУ-5	8–10	5–7	3–5
13	І полив	травень	насосна станція	—	—	залежить від насоса
14	Друге внесення засобів захисту	травень–червень	МТЗ-80 + ОН-400	6–8	4,0–5,5	0,8–1,0
15	Друге міжрядне розпушування	червень	МТЗ-80 + КРН-4,2	4–5	2,5–3,1	3,0–3,2
16	ІІ полив	травень–червень	насосна станція	—	—	залежить від насоса
17	Третє міжрядне розпушування	червень	МТЗ-80 + КРН-4,2	4–5	2,5–3,1	3,0–3,2
18	Фосфорно-калійне підживлення	формування цибулини	МТЗ-82 + МВУ-5	8–10	5–7	3–5
19	ІІІ полив	червень–липень	насосна станція	—	—	залежить від насоса
20	Припинення поливів	за 3–4 тижні до збирання	—	—	—	—
21	Підкошування/підготовка до збирання	серпень	спеціальна машина	4–6	1,5–2,5	5–8
22	Викопування цибулі	серпень–вересень	цибулезбиральна машина	3–5	0,5–1,2	8–15
23	Підбирання цибулі	після сушіння	підбирач	3–5	0,5–1,0	6–12

Продовження таблиці 1.

24	Транспортування	під час збирання	МТЗ-82 + причіп	15–25	—	2–4 л/т·100 км*
25	Сортування	після збирання	сортувальна лінія	—	3–8 т/год	електроенергія
26	Обрізування листків	після сушіння	машина для обрізування	—	3–6 т/год	електроенергія
27	Завантаження у сховище	після доробки	навантажувач	—	10–20 т/год	2–4 л/год

2.2. Порівняльна оцінка ефективності використання машинно-тракторних агрегатів для основного обробітку ґрунту

2.2.1. Вихідні дані до розрахунку

Метою розрахунку є порівняння ефективності використання двох машинно-тракторних агрегатів (МТА) під час виконання основного обробітку ґрунту на площі 130 га:

1. Трактор Т-150К + плуг ПЛН-5-35 (традиційний полицевий обробіток).
2. Трактор Т-150К + експериментальний важкий комбінований культиватор КПМ-4 (комбінований безвідвальний обробіток).

Оцінювання ефективності здійснимо за такими показниками:

- теоретична та експлуатаційна продуктивність агрегатів;
- тривалість виконання робіт на заданій площі;
- итрати пального за годину роботи;
- загальні витрати пального на обробіток 130 га;
- відносна зміна продуктивності та паливної ефективності.

Для забезпечення коректності порівняння приймаємо однакову робочу швидкість агрегатів — 7 км/год, глибину обробітку — 20 см та трактор Т-150К.

Питомий тяговий опір плуга та культиватора сприймаємо як питомий опір на одиницю ширини захвату, тобто відповідно 10 і 7 кН/м. Тягове зусилля 30 кН - доступне зусилля трактора на гаку.

2.2.2. Розрахунок продуктивності агрегатів

Для виконання більшості розрахунків у даному підрозділі скористаємося стандартною методикою, викладеною у методичних вказівках

«Машиновикористання у рослинництві» [10] та рядом інших джерел аналогічного призначення [11,12].

Теоретична продуктивність машинно-тракторного агрегату визначається за формулою:

$$W_т = B\ V/10 \qquad (2.1)$$

де:

Wт - теоретична продуктивність, га/год;

B - робоча ширина захвату, м;

V - робоча швидкість руху, км/год.

Для трактора Т-150К + плуг ПЛН-5-35

$$W_{т_1} = 1{,}75 \cdot 7/10 = 1{,}225 \text{га/год}$$

Для трактора Т-150К + культиватор КПМ-4

$$W_{т_2} = 4{,}0 \cdot 7/10 \quad 2{,}8 \text{га/год}$$

Таким чином, за однакової робочої швидкості використання культиватора КПМ-4 забезпечує збільшення теоретичної продуктивності:

$$K_W = 2{,}8/1{,}225 = 2{,}286$$

$$\Delta W = (2{,}8\text{-}1{,}225/1{,}225) \cdot 100 = 128{,}6\%.$$

Отже, за теоретичними показниками агрегат із культиватором КПМ-4 має продуктивність на 128,6 % вищу, ніж агрегат із плугом ПЛН-5-35, або працює у 2,29 рази продуктивніше.

2.2.3. Визначення експлуатаційної продуктивності

Теоретична продуктивність не враховує витрати часу на повороти, технологічні зупинки, регулювання машин та інші допоміжні операції. Тому для оцінювання фактичної роботи агрегатів використаємо коефіцієнт використання часу зміни τ.

Експлуатаційна продуктивність:

$$W_г = 0{,}1\ B\ V \cdot \tau \qquad (2.2)$$

де τ — коефіцієнт використання часу зміни.

Оскільки площа задіяна під вирощування цибулі становить до 130 га то довжина гонів може становити 300-400м, для якої фактичні значення цього коефіцієнта для обох агрегатів орієнтовно становить:

$$\tau = 0,75$$

Це розрахункове припущення, а не паспортна характеристика агрегатів. Такий підхід дає змогу порівняти їх за однакових організаційних умов. Методика визначення продуктивності МТА з урахуванням коефіцієнта використання часу зміни наведена в навчально-методичних матеріалах з експлуатації машинно-тракторних агрегатів [11].

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35:

$$W_{г_1} = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 7 \cdot 0,75$$

$$W_{г_1} = 0,919 \text{га/год}$$

Для агрегату Т-150К + КПМ-4:

$$W_{г_2} = 0,1 \cdot 4,0 \cdot 7 \cdot 0,75$$

$$W_{г_2} = 2,10 \text{ га/год}$$

Таким чином, експлуатаційна продуктивність агрегату з культиватором КПМ-4 перевищує продуктивність агрегату з плугом у:

$$K_W = 2,10/0,919 = 2,29 \text{раза}$$

Збільшення продуктивності становить 128,6 %.

2.2.4. Визначення тривалості виконання робіт на площі 130 га

Тривалість виконання основного обробітку ґрунту визначаємо за формулою:

$$T = F/W_г, \qquad (2.3)$$

де:

T - тривалість виконання робіт, год;

F - площа поля, га;

Wг - експлуатаційна продуктивність, га/год.

Для трактора Т-150К + ПЛН-5-35:

$$T_1 = 130/0,919 = 141,46 год.$$

Для трактора Т-150К + КПМ-4:

$$T_2 = 130/2,10 = 61,90 год.$$

Різниця в тривалості виконання робіт:

$$\Delta T = 141,46-61,90 = 79,56 год.$$

Отже, використання комбінованого культиватора КПМ-4 дає можливість скоротити тривалість виконання основного обробітку ґрунту на 130 га приблизно на 79,6 год, або на 56,2 %.

2.2.5. Розрахунок витрат пального

Для визначення витрат пального необхідно врахувати тяговий опір машин, робочу швидкість агрегату, коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора та питому витрату пального двигуном [11.12].

Спочатку визначимо фактичний тяговий опір машин.

Оскільки в умовах задачі питомий тяговий опір наведений у кН, але без уточнення способу його віднесення, у цьому розрахунку приймаємо його як питомий опір на 1 м ширини захвату (кН/м).

Формула визначення тягового опору:

$$R = K B, \qquad (2.4)$$

де:

R - тяговий опір машини, кН;

K - питомий тяговий опір, кН/м;

B - ширина захвату, м.

Для трактора Т-150К + ПЛН-5-35:

$$R_1 = 10 \cdot 1,75 = 17,5 кН.$$

Для трактора Т-150К + КПМ-4:

$$R_2 = 7 \cdot 4,0 = 28,0 кН.$$

Обидва значення не перевищують заданого доступного тягового зусилля трактора на гаку (30 кН). Водночас для культиватора запас тягового зусилля становить лише 2 кН, тому при фактичній роботі необхідно врахувати стан ґрунту та можливих коливань тягового опору.

2.2.6. Визначення тягової потужності

Тягова потужність визначається за формулою:

$$N_г = R\ V/3,6 \qquad (2.5)$$

де:

$N_г$ - тягова потужність, кВт;

R - тяговий опір, кН;

V - швидкість руху, км/год.

Для плуга:

$$N_{г1} = 17,5 \cdot 7/3,6 = 34,03 кВт.$$

Для культиватора:

$$N_{г2} = 28 \cdot 7/3,6 = 54,44 кВт.$$

Отже, під час роботи з культиватором КПМ-4 тягова потужність збільшується на 60 %, порівняно з агрегатом із плугом.

2.2.7. Визначення годинної витрати пального

Для орієнтовного розрахунку приймемо такі параметри:

- питома ефективна витрата пального двигуном (g_e = 251) г/(кВт·год) [11,12];
- коефіцієнт корисної дії трансмісії (η_t = 0,80);
- густина дизельного пального (ρ = 0,84) кг/л.

Значення питомої витрати 251 г/(кВт·год) використано як розрахунковий орієнтир за опублікованими даними для трактора серії ХТЗ-150К [12]. ККД трансмісії та густина пального є прийнятими розрахунковими значеннями.

Потужність двигуна, необхідна для забезпечення відповідної тягової потужності:

$$N_e = N_{т} / \eta_t \quad (2.6)$$

Годинну витрату пального визначаємо:

$$G_т = N_e \, g_e / 1000 \cdot \rho \quad (2.7)$$

де $G_т$ - годинна витрата пального, л/год.

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35:

$$N_{e1} = 34,03 / 0,80 = 2,54кВт$$

$$G_{т1} = (42,54 \cdot 251)/(1000 \cdot 0,84)$$

$$G_{т1} = 12,71л/год$$

Для агрегату Т-150К + КПМ-4:

$$N_{e2} = 54,44/0,80 = 68,06кВт$$

$$G_{т2} = (68,06 \cdot 251)/1000 \cdot 0,84$$

$$G_{т2} = 20,34л/год$$

Таким чином, за розрахунковою моделлю культиватор потребує на 7,63 л/год більше пального, ніж плуг. Однак для оцінювання економічної ефективності важливішим є не погодинний показник, а витрата пального на одиницю обробленої площі.

2.2.8. Визначення витрат пального на 1 га та на всю площу

Для уточнення попереднього розрахунку приймемо ККД трансмісії $\eta_t = 0,92$, наведений у дослідженні експлуатаційних показників трактора ХТЗ-150К [12]. Це дозволяє використовувати параметр, ближчий до опублікованих технічних розрахунків цієї серії тракторів.

Відповідно, уточнені годинні витрати пального становлять:

Т-150К + ПЛН-5-35 — 11,05 л/год;

Т-150К + КПМ-4 — 17,68 л/год.

Витрати пального на 1 га визначаємо за формулою:

$$G_{га} = G_{т} / W_{т} \quad (2.8)$$

де:

$G_{га}$ - витрата пального на 1 га, л/га;

$G_г$ - годинна витрата пального, л/год;

$W_г$ - експлуатаційна продуктивність, га/год.

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35:

$$G_{га1} = 11,05/0,919$$

$$G_{га1} = 12,03л/га$$

Для агрегату Т-150К + КПМ-4:

$$G_{га2} = 17,68/2,10$$

$$G_{га2} = 8,42л/га$$

Економія пального на кожному гектарі:

$$\Delta G_{га} = 12,03-8,42=3,61л/га$$

Відносне скорочення витрат пального:

$$E_g = ((12,03-8,42)/12,03)\cdot 100$$

$$E_g = 30,0\%.$$

2.2.9. Загальні витрати пального на обробіток 130 га

Загальні витрати пального визначаємо як:

$$G_{сум} = G_{га} F. \quad (2.9)$$

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35:

$$G_{сум1} = 12,03\cdot 130$$

$$G_{сум1} = 1563,9л$$

Для агрегату Т-150К + КПМ-4:

$$G_{сум2} = 8,42 \cdot 130$$

$$G_{сум2} = 1094,6л$$

Загальна економія пального:

$$\Delta G_{сум} = 1563,9-1094,6$$

$$\Delta G_{сум} = 469,3$$

Отже, за прийнятих розрахункових умов використання експериментального комбінованого культиватора КПМ-4 замість плуга ПЛН-5-35 дає можливість зменшити витрати дизельного пального приблизно на 469 л при обробітку 130 га, або на 30 %.

2.2.10. Узагальнені результати порівняльного розрахунку

За результатами виконаних розрахунків сформуємо порівняльну таблицю 2.2.

Таблиця 2.2.

Техніко-експлуатаційні показники порівнюваних машинно-тракторних агрегатів.

Показник	**Т-150К + ПЛН-5-35**	**Т-150К + КПМ-4**
Робоча швидкість, км/год	7	7
Ширина захвату, м	1,75	4,0
Питомий тяговий опір, кН/м	10	7
Загальний тяговий опір, кН	17,5	28,0
Теоретична продуктивність, га/год	1,225	2,800
Експлуатаційна продуктивність, га/год	0,919	2,100
Годинна витрата пального, л/год	11,05	17,68
Витрата пального на 1 га, л/га	12,03	8,42
Тривалість обробітку 130 га, год	141,5	61,9
Загальні витрати пального, л	1563,9	1094,6

Таблиця 2.3.

Показники ефективності від використання культиватора КПМ-4 порівняно з ПЛН-5-35

Показник	**Результат**
Збільшення продуктивності	128,6 %
Скорочення тривалості роботи	79,6 год
Зменшення витрат пального на 1 га	3,61 л
Скорочення загальних витрат пального	469,3 л
Відносне зменшення витрат пального	30,0 %

Висновки по розділу

1. Використання трактора Т-150К у складі агрегату з експериментальним важким комбінованим культиватором КПМ-4 забезпечує істотне підвищення продуктивності основного обробітку ґрунту порівняно з агрегатом Т-150К + ПЛН-5-35. За однакової робочої швидкості 7 км/год продуктивність зростає з 0,919 до 2,10 га/год, тобто у 2,29 раза.

2. Застосування культиватора КПМ-4 дозволяє скоротити тривалість виконання робіт на площі 130 га зі 141,5 до 61,9 год, тобто на 79,6 год. Це створює передумови для скорочення строків виконання основного обробітку ґрунту.

3. Незважаючи на збільшення годинної витрати пального з 11,05 до 17,68 л/год, використання культиватора КПМ-4 забезпечує зменшення питомих витрат пального з 12,03 до 8,42 л/га. Економія становить 3,61 л/га, або близько 30 %.

4. При виконанні основного обробітку ґрунту на площі 130 га розрахункова економія дизельного пального становить близько 469 л. Таким чином, використання комбінованого культиватора забезпечує не лише підвищення продуктивності, але й зниження енергоємності виконання технологічної операції в розрахунку на одиницю обробленої площі.

5. Отримані результати свідчать про перспективність застосування важкого комбінованого культиватора КПМ-4 для основного обробітку ґрунту.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ РОЗПОДІЛУ АГРЕГАТІВ ГРУНТУ ПРИ ПЛОСКОРІЗНОМУ ОБРОБІТКУ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.

Не зважаючи на популярність No-till технологій їх використання обмежене кліматичними умовами та, особливо, механічним складом грунтів. Важкі суглинки та глинисті грунти залишаються практично не придатними для застосування даних технологій. З точки зору обробітку вони характеризуються як важкі, вони погано поглинають вологу, а отже без розпушування не є схильними до її накопичення в осінньо-зимовий період. Тому говорити про можливість повної повсемістної відмови від обробітку грунту зарано.

Для виконання даних процесів в останні десятиріччя широкого застосування набули комбіновані ґрунтообробні машини. Для досягнення бажаної ефективності їх функціонування одним з найбільш впливових факторів є склад робочих органів та їх конструктивні параметри.

Не менш важливою умовою ефективності їх використання є адаптація даних машин до умов використання і, перш за все, грунтових. Залежно від їх механічного складу вони по різному піддаються обробітку, формують агрегатний склад різного виду та різний характер розподілу даних агрегатів по глибині. Саме від знання даних процесів залежить тип як основних так і допоміжних робочих органів, особливості їх конструкції, експлуатаційні та геометричні параметри.

Загально признаною умовою для ефективного накопичення вологи є агрегатний склад грунту в якому майже відсутні грунтові агрегати (грудки) розміри яких перевищують 50 мм [13-16]. Також відомо, що при основному обробітку грунту одним типом полицевих чи безполицевих робочих органів,

розміри агрегатів грунту збільшуються з віддаленням від поверхні цих робочих органів і залежать від загальної глибини обробітку [17].

Як показав попередній аналіз процесів кришення ґрунтів як суцільного пружно-пластичного середовища різними типами робочих органів, співвідношення між ґрунтовими агрегатами різних розмірів має певний подібний для всіх випадків вигляд. Характер даних залежностей визначається властивостями грунтів, конструктивними параметрами робочих органів, технологічними та експлуатаційними параметрами протікання процесу.

Співвідношення різних за розмірами агрегатів ґрунту є основою і підставою для визначення числового значення одного з показників якості виконання технологічного процесу – показника кришення ґрунту[18].

Просторовий же розподіл різних за розмірами агрегатів ґрунту по глибині залягання після проходу основного робочого органу комбінованих знарядь визначає ефективність використання тих чи інших типів робочих органів, призваних додатково розпушити уже оброблений шар ґрунту, щоб довести загальний показник кришення до передбаченого агротехнічними вимогами значення.

В свою чергу, енергоємність роботи комбінованих ґрунтообробних машин в основному формується опором не тільки основних, а і додаткових робочих органів. Маючи інформацію про те, на якій максимальній глибині від поверхні можуть залягати ґрунтові агрегати розміри яких перевищують 50мм можна оптимізувати значення глибини ходу додаткових робочих органів (котків, борін дисків та ін.), а отже обмежити безпідставні затрати енергії при їх роботі на глибині більшій за потрібну [19-21].

Щоб мати можливість реалізувати дане твердження на етапі проектування комбінованих ґрунтообробних машин необхідна достовірна інформація про закономірності розподілу ґрунтових агрегатів по глибині їх залягання при використанні різних типів основних робочих органів при обробітку грунтів різного механічного складу. Для початку вивчення даної задачі варто розглянути дані процеси для найбільш поширених на території

України грунтів – важких суглинках та їх обробітку з використанням плоскорізних робочих органів.

Процеси, які відбуваються в грунті під дією різних типів робочих органів, суттєво відрізняються між собою, тому правильність обґрунтування технологічних моделей взаємодії в системі грунт – робочий орган безперечно може бути підтверджена тільки відповідними експериментальними дослідженнями. В основу вибраної технологічної гіпотези покладене і теоретично обґрунтоване припущення про зменшення питомого тиску на елементарний об’єм ґрунту з віддаленням від робочого органу за експоненціальним законом, що, в свою чергу, передбачає відповідність даному закону і зміни інтенсивності кришення ґрунту по глибині обробітку з застосуванням робочих органів плоскорізного типу.

Метою досліджень є: підвищення ефективності основного обробітку грунту комбінованими грунтообробними машинами шляхом встановлення раціональної глибини розпушування його верхніх шарів додатковими робочими органами.

Обєкт досліджень - характер розподілу різних за розмірами структурних агрегатів в обробленім шарі грунту.

Предмет дослідження – процес розпушування грунту плоскорізним робочим органом.

Наукова новизна. Отримані закономірності розподілу агрегатів грунту при дії на нього плоскорізних робочих органів при обробітку важких суглинків.

В зв’язку з цим задача дослідження полягала в експериментальному визначенні закономірності розподілу різних за розмірами агрегатів ґрунту по горизонтах глибини залягання в обробленому шарі ґрунту, а також зміни загального показника кришення ґрунту від глибини обробітку

Умови проведення досліджень: Експериментальні дослідження проводилися весною 2026 року на полі фермерського господарства Новоукраїнського району Кіровоградської. Попередником була соя.

Поверхня поля з осені мілко оброблена лущильником. Вологість ґрунту по горизонтах (середні значення): 0-5 см -18%; 5-10 см - 19,5%; 10-20 см - 19,9; 20-25см - 24%. Твердість ґрунту по горизонтах (середні значення): 0-5 см - 0,98 МПа; 5-10 см-1,35 МПа; 10-20 см – 1,46 МПа; 20-25см – 1,47 МПа. Тип ґрунтів за механічним складом – важкі суглинки.

Технічні засоби, що використовувалися при проведенні досліджень:

Трактор KASE 195; експериментальний комбінований культиватор з шириною захвату 4 м, обладнаний важкими культиваторними лапами з шириною захвату $в$ = 40см і середнім значенням кута кришеня $\alpha = 24^0$, лапами розташованими в один ярус (рис.1); набір сит для визначення агрегатного складу ґрунту; ваги РН-10Ц13Н, пластиноподібний пробовідбірник, лінійка, шанцевий інструмент, твердомір Ревякіна, бюкси.



Рис. 1. Технічне забезпечення експериментальних досліджень

Зміст експерименту та порядок його проведення. На обробленій експериментальним культиватором на глибину 25см смузі ґрунту з певним інтервалом було виділено п’ять ділянок. По обидва боки залікових ділянок прокопувалися канави на глибину обробітку. Виділений об’єм обробленого ґрунту по висоті розділявся на п’ять рівних за розмірами горизонтів з інтервалом в 50 мм. Поступово з усієї площі виділеної ділянки за допомогою пластиноподібного пробовідбірника знімався верхній горизонт обробленого

ґрунту і просівався через набір сит. Маса різних фракцій агрегатів ґрунту зважувалася і результати записувалися в журнал. Аналогічна процедура повторювалася для наступних горизонтів ґрунту. Таким чином були оброблені всі об'єми виділених дослідних ділянок.

При визначенні залежності показника кришеня ґрунту від глибини обробітку культиватор працював з поступовим збільшенням загальної глибини обробітку від 5 до 25 см, з інтервалом також в 5 см. Для визначення ситовим методом співвідношення між фракціями різних за розмірами агрегатів ґрунту відбір проб здійснювали одночасним вилученням певного об'єму ґрунту по всій глибині обробітку. Вологість ґрунту та його твердість визначалися за стандартними методиками.

Результати досліджень

Розглянемо результати експериментальних досліджень по визначенню співвідношення між різними розмірними ґрунтовими фракціями при обробітку ґрунту плоскорізним робочим органом на різну глибину. (рис. 2).

Враховуючи мету дослідження, в даному випадку розділимо різнорозмірні агрегати ґрунту на три фракції, на підставі яких визначається відповідність якості обробітку агротехнічним вимогам. До першої фракції зарахуємо агрегати грунту розміром від 0 до 50мм. Відсотковий вміст саме даної фракції визначає відповідність якості агротехнічним вимогам. Друга фракція – крупні грудки розміром 50 – 100 мм і третя фракція брили розміром понад 100мм.

Табл.1.

Залежність відсоткового вмісту різних розмірних фракцій агрегатів ґрунту від глибини обробітку плоскорізними робочими органами

Розміри фракцій, ***a***, мм	Глибина обробітку, h см						
	7	10	13	16	19	22	25
0-50	70,6	75,0	74,8	68,2	63,5	58,9	49,5
50-100	19,1	18,4	13	9,8	9,5	8,9	8,4
>100	10,3	6,6	12,2	22,0	27,0	32,2	42,1

Вміст розмірної фракції 0÷50мм, до складу якої входять і агротехнічно цінні агрегати, зі збільшенням глибини обробітку поступово знижується з 70,6 до 49,5% (Табл.1, рис.2).

Екстремум даної кривої припадає на глибину обробітку 10…13 см. Показовим є те, що характер даної експериментальної кривої є близьким до кривої отриманої іншими дослідженнями, проведеними з іншою метою [22] для подібних ґрунтових умов з різницею в тім, що екстремум кривою був визначений у межах 9…12см. Відсотковий вміст ґрунтових фракцій розмірами від 50 до100 мм зі збільшенням глибини поступово знижується з 19,1 джо 8,4%, а фракцій розміри яких >100 мм суттєво збільшується з 10,3 до 42,1%. Можна припустити, що зміни відбуваються за експоненціальним законом

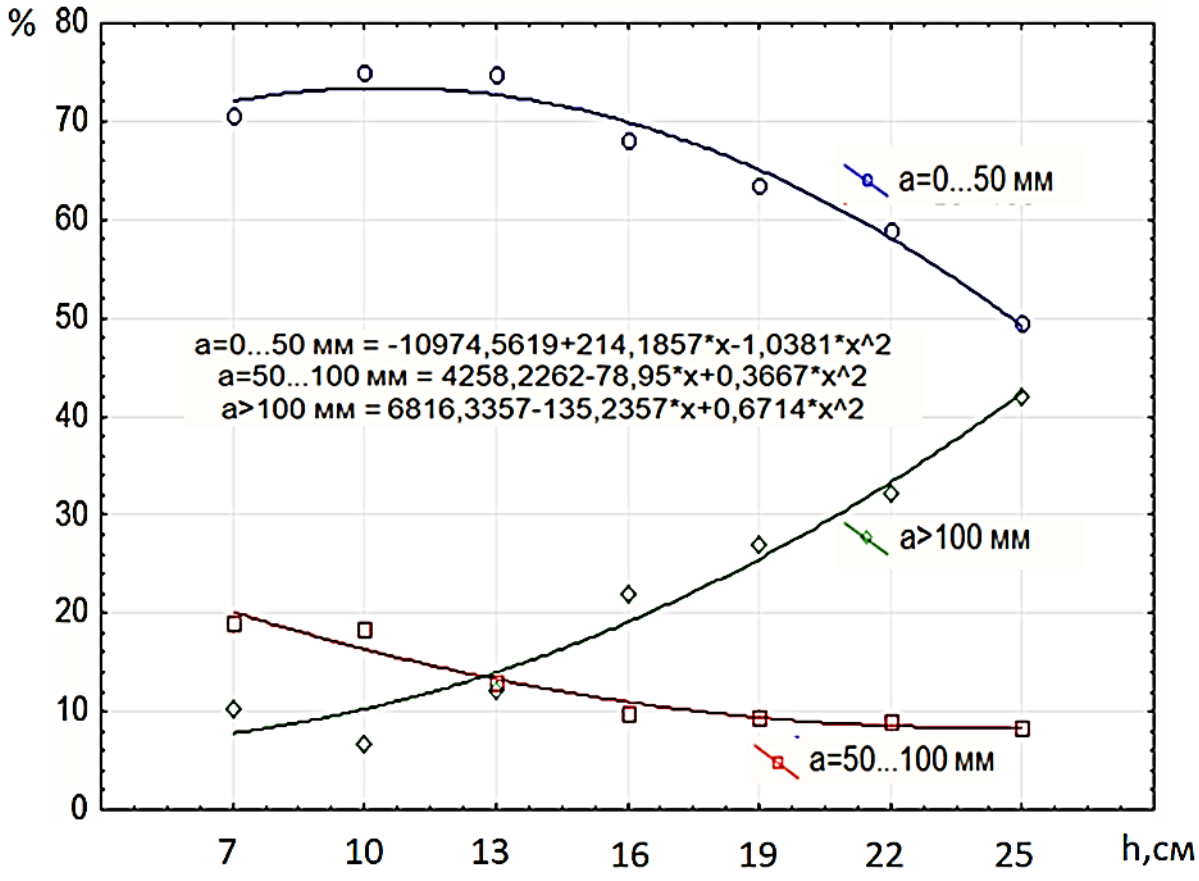


Рис. 2 . Зміна фракційного складу ґрунту залежно від глибини обробітку плоскорізним робочим органом.

Дослідження розподілу різних за розмірами агрегатів грунту по глибині залягання після проходу основного робочого органу передбачали аналіз шести розмірних фракцій (

(Табл.2, рис.3) показують, що зі збільшенням глибини залягання відсотковий вміст агротехнічно цінних агрегатів (0-10 мм) збільшується, вміст фракції 10-20мм практично не змінюється, а вміст решти проміжних фракцій розмірами від 20 до 50 мм дещо знижується, але по всіх глибинах залягання дрібніших фракцій більше, ніж крупніших. Крупні фракції розмірами понад 50мм розміщуються в грунті на глибині до 15 см від поверхні.

Таблиця 2.

Розподіл агрегатів ґрунту (%) в різних горизонтах обробленого грунту

Розміри фракцій, а, мм.	Горизонти обробленого грунту, см			
	5-10	10-15	15-20	20-25
0-10	63,9	69,1	73,3	75,1
10-20	13,4	14,1	13,2	13,7
20-30	7,8	7,9	6,5	6,7
30-40	4,3	4,3	3,6	3,8
40-50	4,7	2,9	3,4	0,7
>50	4,4	1,7	-	-

Отже, результати експериментальних досліджень підтверджують попередньо прийняте припущення про те, що з віддаленням від поверхні робочого органу інтенсивність кришення знижується, а отже збільшуються лінійні розміри ґрунтових агрегатів. Максимальні лінійні розміри грудок, які формуються безпосередньо на поверхні обробленого грунту також залежать від глибини переміщення робочого органу.

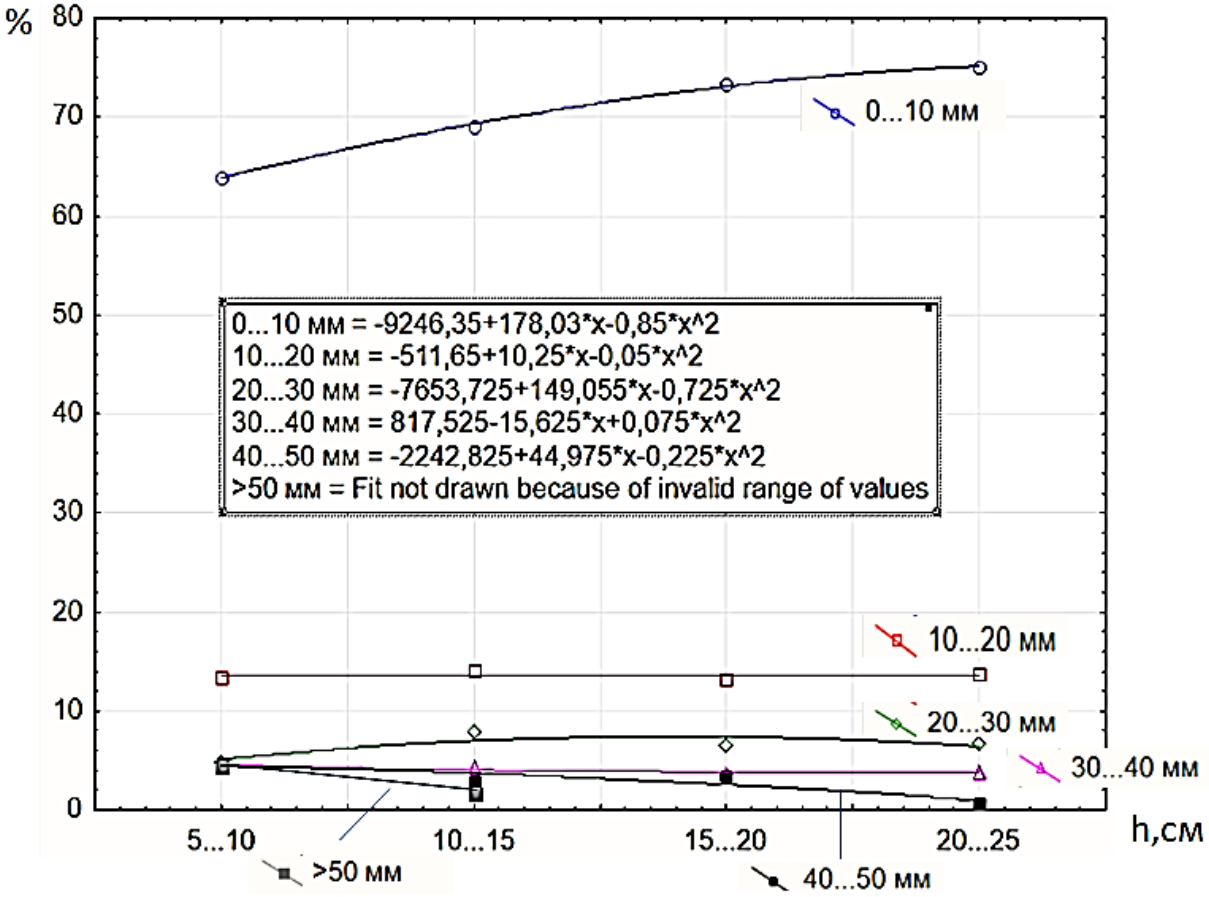


Рис.3. Розподіл ґрунтових агрегатів різних розмірних фракцій на різних горизонтах в обробленому шарі ґрунту.

Отримана експериментальним шляхом інформація про характер розподілу агрегатів грунту різних розмірних фракцій в обробленім плоскорізним робочим органом за один прохід шарі грунту дозволяє зробити наступні висновки:

- раціональна глибина обробітку грунту плоскорізними робочими органами, з точки зору забезпечення максимально можливого значення показника кришення, знаходиться в межах від 10 до 13 см, а отже обробіток грунтів на більші глибини бажано здійснювати комбінованими ґрунтообробними машинами з обладнанням різними типами робочих органів, як основних так і додаткових.

- враховуючи те, що грунтові агрегати максимальних розмірів формуються в приповерхневих шарах, чи безпосередньо на поверхні обробітку, то використання для додаткового розпушування грунту робочих органів послідовно діючих на грунт по всій глибині обробітку, з енергетичної

точки зору, не може бути раціональним. Більш доцільним може бути використання додаткових робочих органів, які працюють на глибину до15 см з урахуванням способу їх впливу на грунт – стиснення, проколювання, розламування та ін.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.

4.1. Загальні агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту машинами з плоскорізними робочими органами

Основний безвідвальний обробіток ґрунту плоскорізними робочими органами є способом механічного обробітку, за якого відбувається розпушування ґрунтового профілю на задану глибину без обертання скиби та істотного переміщення верхнього шару ґрунту в нижні горизонти. Його основною метою є створення сприятливих агрофізичних умов для накопичення та збереження вологи, розвитку кореневої системи культурних рослин, регулювання водно-повітряного режиму ґрунту та зменшення проявів водної й вітрової ерозії [1; 2].

Важливою технологічною особливістю роботи плоскорізних знарядь є збереження рослинних решток на поверхні поля, що сприяє захисту ґрунту від ерозійних процесів і зменшенню непродуктивних втрат вологи [2–4].

Основні агротехнічні вимоги

1. Забезпечення заданої глибини обробітку.

- Обробіток повинен виконуватися на глибину, установлену відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, попередника та вимог наступної культури [1].

- Для типового плоскорізного обробітку основного призначення орієнтовна глибина розпушування становить 8–18 см., але за необхідності глибокого безвідвального обробітку вона може збільшуватися відповідно до технологічного завдання.

- Відхилення фактичної глибини від заданої не повинно перевищувати ±2 см, а середньоквадратичне відхилення глибини обробітку — 1,5 см.

- Глибина обробітку має бути однаковою по всій ширині захвату агрегату та на суміжних проходах.

2. Забезпечення належного розпушування ґрунту.

- Робочі органи повинні забезпечувати суцільне підрізання та розпушування оброблюваного шару без обертання скиби [1; 2].

- Ґрунт повинен розпушуватися з утворенням агрономічно цінної грудкуватої структури, без надмірного подрібнення та розпилення.

- Кількість ґрунтових грудок розміром до 50 мм має становити не менше 80% загальної кількості грудок.

- Утворення великих брил розміром понад 100 мм не допускається.

- Необхідно запобігати утворенню ущільненого так званого підорного горизонту в нижній частині оброблюваного шару ґрунту.

3. Підрізання бур'янів.

- Плоскорізні лапи повинні забезпечувати суцільне підрізання кореневих систем і підземних органів вегетативного розмноження бур'янів у межах установленої глибини обробітку [1].

- Не допускається утворення необроблених смуг між суміжними робочими органами.

- Підрізані бур'яни та їхні рослинні рештки повинні залишатися переважно на поверхні або у верхньому шарі ґрунту.

4. Збереження рослинних решток на поверхні поля.

- Після проходу агрегату основна частина стерні та пожнивних решток, за необхідності, повинна залишатися на поверхні ґрунту [2-4].

- Необхідно забезпечувати рівномірне розміщення рослинних решток по площі поля, не допускаючи їх надмірного зосередження у валках або утворення куп.

- Для плоскорізного обробітку з метою боротьби з вітровою та водною ерозією можна використовувати як якісний показник збереження не менше 75% стерні та рослинних решток на поверхні поля [2-4].

5. Збереження протиерозійної стійкості ґрунту.

- Обробіток не повинен спричиняти збільшення вмісту ерозійно небезпечних пилуватих частинок у поверхневому шарі ґрунту.

- Бажано формувати структурні агрегати та рослинний покрив, які забезпечують протидію водній і вітровій ерозії [2-4].

- На схилових землях напрямок руху агрегату та характер обробітку потрібно узгоджувати з протиерозійною організацією території.

- Не допускається формування борозен і каналів, які можуть сприяти концентрації поверхневого стоку.

6. Забезпечення вирівняності поверхні поля.

- Після проходу агрегату поверхня повинна бути рівномірно розпушеною, без значних гребенів, борозен і необроблених ділянок.

- Середня висота гребенів і глибина борозен по слідах стояків робочих органів не повинні перевищувати 3 см.

Крім вище викладеного, передбачається, що обробіток необхідно проводити за фізичної стиглості ґрунту, коли забезпечується його якісне розпушування без налипання на робочі органи та надмірного утворення брил [1]. При цьому необхідно враховувати вологість, твердість і механічний склад ґрунту. Орієнтовними умовами для роботи типових плоскорізних знарядь є: вологість ґрунту 17–20% і твердість оброблюваного шару до 2,5 МПа. Ці значення залежать від гранулометричного складу і фактичного стану ґрунту. Не допускається робота за надмірного перезволоження або пересушування ґрунту.

Особливу увагу варто приділяти дотриманню заданих робочих швидкостей ґрунтообробних агрегатів, швидкість руху яких повинна відповідати технічним характеристикам даних машин, конструкції робочих органів, враховувати властивості ґрунту та забезпечувати необхідну якість розпушування [1].

4.2. Особливості конструкції та принцип роботи важкого комбінованого культиватора КПМ-4

Важкий комбінований універсальний культиватор призначається для основного безвідвального та поверхневого обробітку ґрунтів в осінній та

весняний період, в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, крім ґрунтових масивів з кам'янистими включеннями.

Культиватор має ширину захвату 4 м і агрегатується з тракторами тягового класу 2-3-5, залежно від виконуваної операції, спосіб агрегатування – причіпний. Дозволяє його використання на схилах до 8^0, на ґрунтах при абсолютній вологості до 27% та твердості до 2,5 мПа.

Культиватор КПМ-4 (рис.4.1) [28] складається з таких основних частин: рами 1, причіпного пристрою (сниці) 2, важких культиваторних лап на жорстких стояках 3, борін з плоскими зубами та тупим кутом входження в грунт 4, які з'єднуються з рамою через тяги 5 і притискаються до грунту штангами 6, опорних коліс 7, гідроциліндра 8, телескопічної гвинтової тяги регулювання положення причепа відносно горизонтальної площини 9, гвинтового механізму регулювання глибини обробітку 10, гідравлічної системи 11 та траверси -12.

Рама культиватора є зварною конструкцією з трубного прокатупрямокутного поперечного претину. З'єднують культиватор з трактором за допомогою причепа 2. На останньому знаходиться телескопічна гвинтова тяга для регулювання висоти шарніра причепа на задану висоту, залежно від конструктивної висоти розташування серьги трактора.

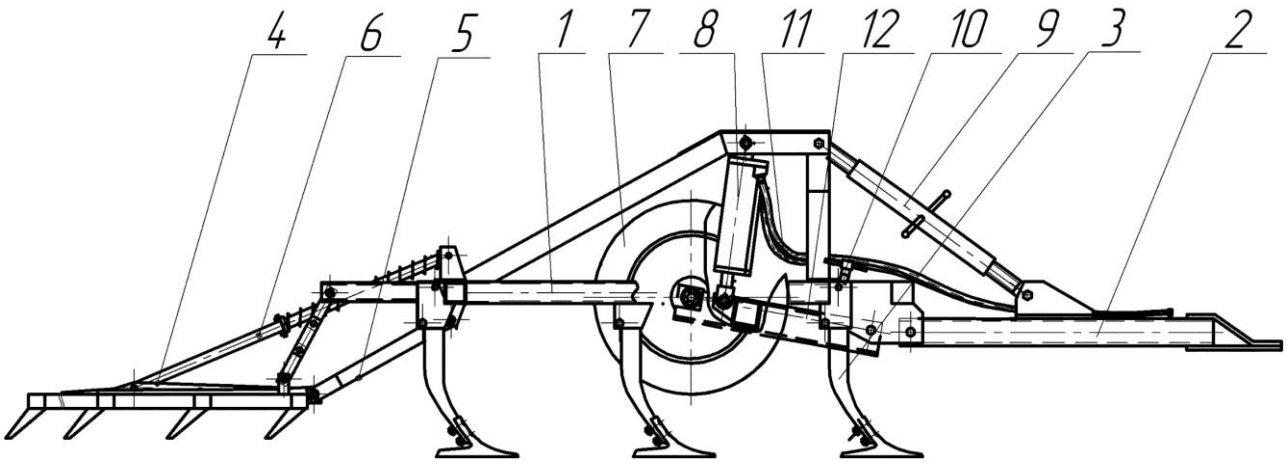


Рис. 4.1. Культиватор важкий комбінований КПМ-4

Транспортні габарити культиватора по ширині становлять 4,05м, що дозволяє його безпечне транспортування по шляхах загального користування.

Переведення культиватора в транспортний стан і навпаки здійснюють з місця тракториста з використанням гідросистеми трактора. В механізмі переведення використаний гідравлічний циліндр з величиною ходу штока 400мм, що забезпечує дорожній просвіт при транспортуванні понад 300мм

Функції механізму регулювання глибини ходу робочих органів виконують гвинтові пари, які встановлені над кронштейнами коліс. При закручуванні або викручуванні гвинта змінюється величина максимальної висоти піднімання коліс відносно площини розташування робочих органів і рами. Один повний оберт гвинта змінює значення глибини обробітку грунту на 15 мм.

Основними робочими органами культиватора є стрілчасті лапи з шириною захвату 420 мм, які мають індивідуальне кріплення на жорстких стійках і можуть розпушувати грунт на глибину до 20 см. Залежно від умов роботи та виконуваних операцій культиватор може комплектуватися лапами з кутами кришення $25 \div 28^0$ (рис.4.2а), які використовують для інтенсивного розпушування грунту та при глибині обробітку понад 10 см, та з кутами кришення до 15^0 (рис.4.2б) для роботи на малих глибинах – при ранньовесняному, передпосівному обробітку чи догляду за парами.



а



б

Рис. 4.2. Загальний вигляд важких культиваторних лап

До заднього брусу рами, з метою додаткового інтенсивного розпушування поверхневих шарів грунту та вирівнювання поверхні поля закріплені борони з плоскими зубами та тупим кутом входження в грунт. Таукож можуть закріплюватися за допомогою кронштейнів інші робочі органи, такі як звичайні зубові борони, рубчасті, голчасті, дискові та інші котки.

При використанні в складі культиватора додаткових робочих органів в вигляді борін з плоскими зубами та тупим кутом входження в грунт інтенсивність їх роботи регулюють ступенем стиснення пружин на натискних штангах 6. Положення пружини фіксується шайбою та шплінтом у відповідному отворі штанги.

4.3. Зміст удосконалення конструкції універсального комбінованого культиватора.

Результати проведених експериментальних досліджень свідчать про те, що крупні грудки після впливу на грунт плоскорізними робочими органами розташоуються на поверхні обробленого поля, і можуть залягати на глибині до 15 см при роботі основних робочих органів (важких культиваторних лап) на загальну глибину до 25 см. Особливість роботи борін з плоскими зубами та тупим кутом входження у грунт полягає в тому, що вони подрібнюють грудки не тільки в результаті ударів та зміщення у горизонтальній площині, а і в результаті стиснення – притискання даних грудок до загального грунтового масиву. Отже вони забезпечують подрібнення грудок не тільки на глибині розташування зубів, а значно глибше. Зусилля необхідне для формування достатнього для роздавлювання грудок тиску формують натискні штанги з пружинами, які також забезпечують стійкий хід борін по глибині. Отже можна припустити, що при загальній глибині роботи культиаптора до 25 см, робота борін з плоскими зубами та тупим кутом

входження у грунт може бути цілком достатньою при проникненні їх зубів на глибину до 10 см.

У звязеку з цим виникає необхідність розробити конструкцію борони, яка б задовільняла викладеним вище умовам та враховувала решту загальноприйнятих вимог до класичних борін.

4.4. Розрахунок борони з плоскими зубами та тупим кутом входження у грунт

Для виконання поставленої задачі скористаємося загальноприйнятою методикою викладеною у підручнику «Сільськогосподарські машини» за редакцією М.І. Черновола [29]. Робочими органами борін є зуби, в нашому випадку плоскі зуби з тупим кутом входження у грунт, вони мають жорстке зєднання з рамою борони. Такі борони переважно використовують свме для розпушування верхніх шарів грунту після обробітку плугами чи культиваторами, вирівнювання поверхні поля, розбивання крупних грудок, загортання в грунт мінеральних добрив, вичісування бурянів. Перевага борін з тупим кутом входження у грунт зубів полягає саме в усуненні явища накопичення рослинних решток та бурянів на їх поверхні, що забезпечує суттєве підвищення надійності виконання технологічного процесу.

При проектуванні борін необхідно враховувати цілий ряд вимог, щоб готова конструкція забезпечувала належне виконання теехнологічного процесу.

Так, кожен зуб борони повинен формувати свою борозну, так званий слід на поверхні поля. По одному сліду не можуть проходити два чи більше зубів. Відстань між сусідніми зубами залежить від характеру переміщення грудок у поперечній до напрямку руху площині та від глибини ходу замих зубів. Чим більша глибина ходу тим більша відстань між зубамии. Сформовані зубами борозни мають знаходитися на одинаковій відстані одна від одної по всій ширині захвату борони. Відстань між зубами повинна забезпечувати вільне проходження грнтово-рослинної маси без забивання.

Щоб уникнути порушення стійкого ходу борони кожен зуб має працювати в однакових умовах. З цією метою виконують побудову зубового поля борони.

Скориставшись наявною інформацією сформуємо перелік вихідних даних.

Згідно до призначення борони приймаємо ширину між слідами зубів (рис.4.3)

$$a = 2h_0/tg\Psi \quad (4.1)$$

де h_0 – глибина боронування, (80мм)

Ψ – кут сколювання грунту $\Psi=70\text{-}75^0$

$$a = 2\cdot 80/tg70 = 51{,}9мм$$

приймаємо

$$a = 50мм,$$

Відстань між зубами на поперечних планках становить

$$в = (5 – 6\ )a = 50\cdot 5 = 250мм \quad (4.2)$$

Відстань між поперечними планками

$$C_n\ (6\text{-}7)a = 50\cdot 6 = 300мм \quad (4.3)$$

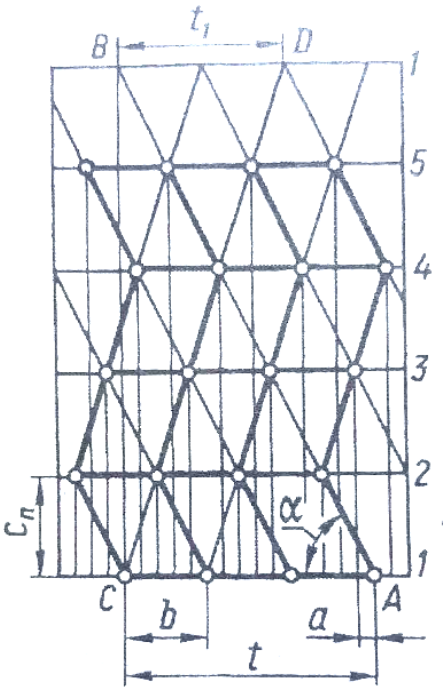


Рис. 4.3. Типова схема розташування зубів на рамі борони [29]

Зубове поле борони розпочинаємо будувати з проведення горизонтальних планок з відстанню Сп = 300мм.

Кількість таких прямих становить

$$K_n = b/a = 250/50 = 5 \quad (4.4)$$

Відкладаємо на нижній лінії відстань t = СА і з точки А проводимо лінію АВ, яка визначатиме напрямок гвинтової лінії

$$t = kb$$

де k – кількість ходів гвинта, вона не повинна збігатися з кількістю поперечних планок/

З іншого боку $t = AB \cdot \cos \cdot \alpha \quad (4.5)$

Кут α нахилу гвинтової лінії визначаємо як

$$tg\ \alpha = C_n / [b-(1 \pm n_x)\ a \quad (4.5)$$

де n_x – число на яке кількість поперечних планок відрізняється від кількості ходів. Приймаємо n_x =1

тоді $$tg\ \alpha = C_n / b-2\ a$$

$$tg\ \alpha = 300 / 250-2\ 80 = 3,3$$

$$\alpha = 73^0$$

Побудову зубового поля борони закінчуємо поділивши нижню лінію на відрізки величиною *в* і провівши з кінців їх лінії паралельні прямій АВДля визначення ліній зворотнього порядку проводимо CD. Точки пертину даних ліній з горизонтальними прямими є місцями встановлення зубів.

За результатами побудови зубового поля озроблена конструкція борони адаптована до роботи у складі комбінованого культиватора КПМ-4 (рис.4.4).

4.5. Тяговий опір та стійкість ходу борони

Тяговий опір борони залежить від ряду факторів. Основними із них є стан грунту, режими роботи грунтообробного агрегату, маса борони, кількість зубів та ін.

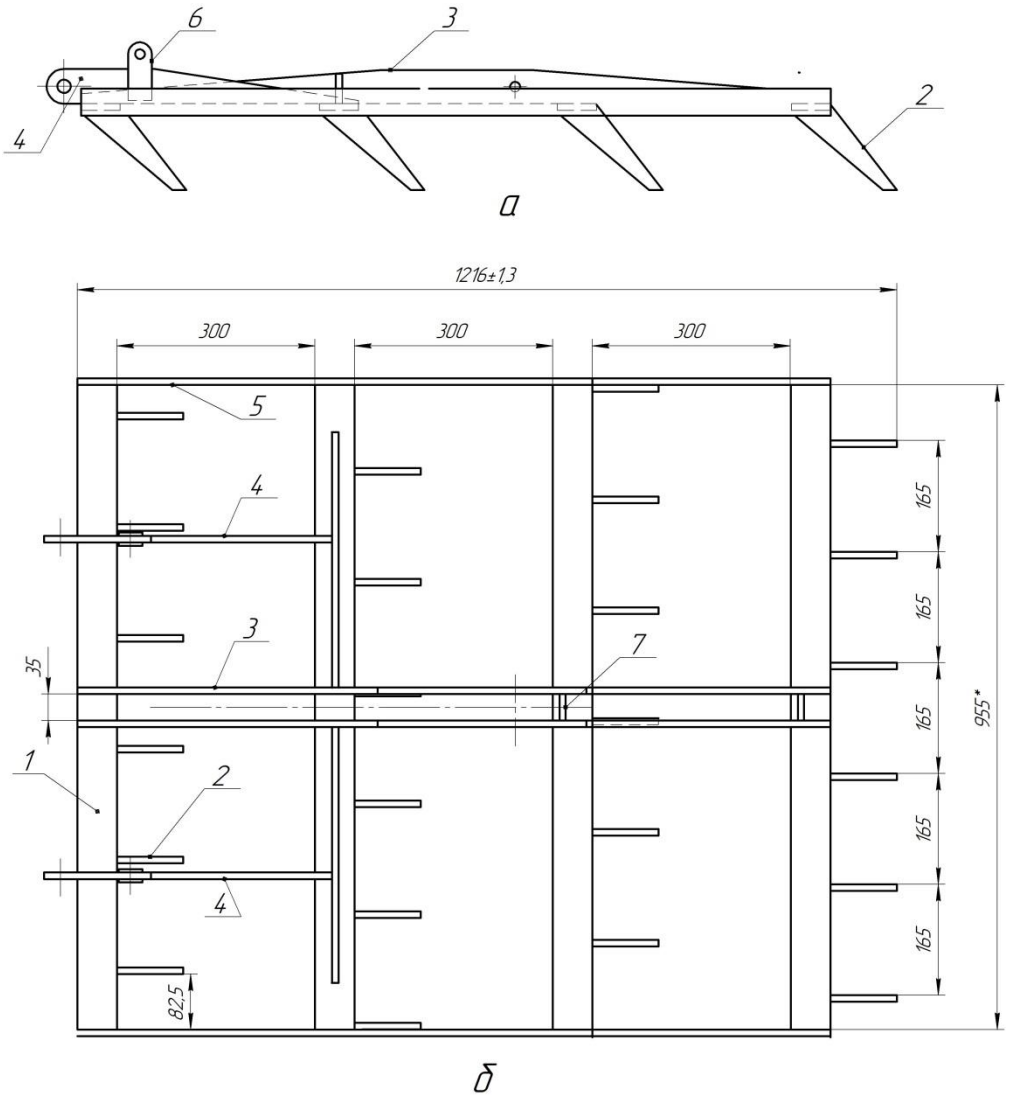


Рис. 4.4. Загальний вигляд розробленої борони: а – вигляд збоку; б – вигляд зверху; 1 – планка поперечна; 2 – зуб; 3 – ребра жорсткості центральні; 4 – поводок; 5 – планка бокова; 6 – вухо

Для визначення т ягового опору борогни зазвичай користуються простим виразом

$$P = n_3 \cdot g_3 \qquad (4.6)$$

де $n_З$ – кількість зубів на бороні;

$g_З$ – опір одного зуба.

Згідноекспериментальних даних [29] питомий тяговий опір одного зуба для борін, які працюють у складі культиватора і можуть позиціонуватися як середні зубові борони, станоть приблизно 20-25Н. З урахуванням можливих тимчасових перевантажень приймаємо $g_З = 25Н.$

Тоді

$$P = 24 \cdot 25 = 600Н = 0,6кН.$$

Отже, з 6кН питомого тягового опору комбінованого культиватора, 06 кН приходиться на опір з боку борін.

Стійкість ходу зубових борін в основномузабезпечується правильним напрямком сили тяги трактора. Рівновагу борін прийнято розглядати у вертикально-поздовжній площині так ян сили, які джіють у горизонтальній площині самоврівноважуються. У вертикальній площині на борону діють сила ваги $G_в$, рівнодіюча вертикальних сил, що діють на зуби борони $N_в$, рівнодіюча горизонтасьних сил опору з боку грунту $R_{г.сум} = P$ (4.6), та сила тяги трактора R_{xz} (рис.4.5)

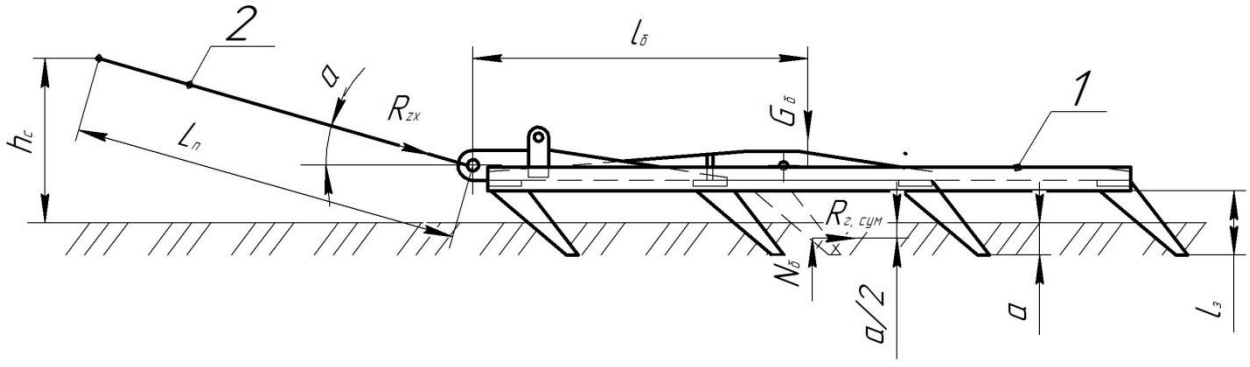


Рис. 4.5. Схема для розрахунку умов рівноваги борони з плоскими зубами

Борона матиме стійкий хід по напрямку руху у тому випадку колинапрямок дії сили тяги трактора проходить через слід центра ваги самої борони і буде залежати від довжини поводка $l_п$ та висоти приєднання поводка до рамного кронштейна культиватора h_c.

Для визначення необхідної і достатньої рівноваги борони наступні математичні вирази повинні дорівнювати нулю.

$$\Sigma X = R_{xz} \cdot \cos\alpha - \Sigma R_{г.сум} = 0 \qquad (4.7)$$

$$\Sigma Z = G_б - \Sigma N_б - R_{xz} \cdot \sin\alpha = 0 \qquad (4.8)$$

$$\Sigma m_y (R_{xz}) = G_б \cdot (l_б + l_П \cdot \cos\alpha) - \Sigma R_{г.сум} \cdot [(l_З - a/2) + l_П \cdot \sin\alpha] -$$
$$-\mathbf{N}\,(l_П \cdot \cos\alpha + l_б) = 0 \qquad (4.9)$$

Виходячи з (4.7) необхідна сила тяги трактора становитиме

$$R_{xz} = \cdot - \Sigma R_{г.сум} / \cos\alpha = 600/0,95 = 631,5Н = 0,63кН \qquad (4.10)$$

Де α – кут нахилу повідка до горизонту $\alpha = 17^0$

При масі борони 700Н рівнодіюча вертикальних сил , що діють на борону становитиме

$$\Sigma N_б = G_б - R_{xz} \cdot \sin\alpha = 700 - 631,5 \cdot 0,29 = 516,8Н \qquad (4.11)$$

Підставивши отримані значення у (4.9)отримаємо

$$\Sigma m_y (R_{xz}) = 700 \cdot (600 + 800 \cdot 0,95) - 600 \cdot [(15 - 10/2) + 800 \cdot 0,29] -$$
$$-516,8\,(800 \cdot 0,95 + 600) = 0$$

Можна припустити, що стійкість ходу борони у поздовжньо-вертикальній площині забезпечена.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Основні вимоги з охорони праці під час вирощування цибулі ріпчастої

Організація технологічних процесів вирощування цибулі ріпчастої повинна здійснюватися з обов'язковим урахуванням нормативних положень з охорони праці та безпеки виробничої діяльності. Найбільшої уваги потребують операції, пов'язані з експлуатацією машинно-тракторної техніки, проведенням ґрунтообробних і посівних робіт, збиранням урожаю, застосуванням агрохімікатів та переміщенням сільськогосподарської продукції.

З метою зниження виробничого травматизму та запобігання виникненню небезпечних ситуацій під час виконання зазначених операцій необхідно дотримуватися таких вимог [30, 31]:

1. До сільськогосподарських робіт залучають працівників, які володіють необхідними професійними навичками, пройшли передбачені процедури навчання та інструктажу з питань безпеки праці, а також медичні огляди у випадках, визначених чинним законодавством.
2. Обов'язковою умовою допуску техніки до експлуатації є її технічна справність. Перед початком робочої зміни слід перевірити стан трактора, ґрунтообробних і посівних машин, збиральних агрегатів, а також надійність функціонування їхніх основних вузлів і механізмів.
3. Під час функціонування машинно-тракторного агрегату необхідно виключити перебування людей у небезпечній зоні, зокрема поблизу рухомих деталей і робочих механізмів. Виконання операцій з очищення, налаштування чи регулювання обладнання при працюючому двигуні трактора забороняється.
4. Підготовку насіннєвого матеріалу, внесення мінеральних добрив та оброблення посівів препаратами для захисту рослин потрібно

проводити з урахуванням вимог технологічних інструкцій і рекомендацій виробників. Працівники повинні використовувати відповідні засоби індивідуального захисту.

5. Під час виконання ручних операцій з догляду за рослинами та збирання продукції слід застосовувати технічно справний робочий інвентар, відповідний спецодяг і захисне взуття. Організація праці повинна враховувати погодні умови, фізичне навантаження на працівників та необхідність дотримання встановлених періодів роботи й відпочинку.
6. При збиранні, переміщенні, завантаженні та сортуванні цибулі необхідно забезпечити безпечне виконання вантажних операцій. Не допускається перевищення встановлених норм перенесення вантажів, а також створення перешкод на шляхах пересування працівників і транспортних засобів.
7. Виробничі об'єкти та територія господарства повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння. У доступних для працівників місцях необхідно розмістити аптечки першої допомоги та забезпечити належний стан евакуаційних проходів і виходів.
8. Під час виконання польових робіт за умов високої температури повітря необхідно передбачити заходи щодо попередження перегрівання організму. Для цього працівників забезпечують питною водою, організовують додаткові перерви та, за можливості, обмежують виконання найбільш фізично напружених операцій у періоди інтенсивного сонячного випромінювання.
9. Якщо в процесі роботи виявлено технічні несправності, ознаки аварійної ситуації або погіршення стану здоров'я працівника, виконання виробничого завдання необхідно припинити. Про обставини, що виникли, слід невідкладно поінформувати безпосереднього керівника робіт.

5.2. Вимоги з охорони праці під час виконання основного безвідвального обробітку ґрунту важким комбінованим культиватором

Застосування важких комбінованих культиваторів для виконання основного безвідвального обробітку ґрунту характеризується підвищеними вимогами до організації безпечної експлуатації машинно-тракторного агрегату. Це обумовлено значною конструкційною масою знаряддя, особливостями будови його робочих механізмів, наявністю масивних ґрунтообробних елементів та необхідністю використання тракторів відповідного тягового класу. За таких умов важливого значення набуває дотримання встановлених правил підготовки техніки, її експлуатації та технічного обслуговування [30, 31, 32].

Основні заходи щодо забезпечення безпеки праці під час виконання зазначеної технологічної операції передбачають:

1. До керування трактором та обслуговування ґрунтообробного обладнання допускаються особи, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли необхідну професійну підготовку, навчання та інструктажі з охорони праці. Механізатори повинні володіти знаннями щодо конструкційних особливостей агрегату, правил його використання та вимог безпечного виконання механізованих робіт [30, 31].
2. Перед виїздом у поле необхідно провести огляд енергетичного засобу та культиватора, перевірити справність основних механізмів, стан з'єднувальних елементів, кріплень і передбачених конструкцією захисних пристроїв. Експлуатація агрегату за наявності несправностей, які можуть створювати загрозу для працівників, не допускається [31].
3. Робоча зона машинно-тракторного агрегату повинна бути вільною від сторонніх осіб. Особливо важливо не допускати перебування людей поблизу трактора, у зоні переміщення культиватора та безпосередньо біля його робочих механізмів.
4. Будь-яке втручання в роботу культиватора, включаючи видалення рослинних решток і ґрунту, налаштування робочих органів або

усунення виявлених несправностей, дозволяється лише після повного припинення руху агрегату, зупинки двигуна трактора та унеможливлення його випадкового запуску або самовільного переміщення. Підвищеної обережності потребують операції, пов'язані з обслуговуванням зубових борін та інших масивних робочих елементів [31].

Під час налаштування глибини обробітку культиватора КПМ-4 необхідно дотримуватися встановленої виробником послідовності виконання регулювальних операцій. Працівник повинен перебувати поза зоною можливого переміщення робочих органів, користуватися справним інструментом і необхідними засобами індивідуального захисту. Проведення регулювань за відсутності належної фіксації агрегату в нерухомому положенні забороняється [31, 32].

5. Під час руху агрегату полем механізатор повинен враховувати особливості рельєфу, фізико-механічний стан ґрунту та умови проходження робочих ділянок. Необхідно дотримуватися рекомендованих швидкісних режимів, уникати різких змін напрямку руху та не допускати перевантаження трактора і навісного або причіпного обладнання.
6. Працівники, залучені до виконання технологічної операції, повинні бути забезпечені комплектом спецодягу, захисним взуттям, рукавицями та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виробничих ризиків.
7. У процесі експлуатації необхідно періодично оцінювати технічний стан трактора та культиватора. Поява незвичних звуків, підвищеної вібрації або інших відхилень у роботі механізмів є підставою для зупинки агрегату та проведення перевірки його справності. Про виявлені недоліки потрібно повідомити відповідальну за технічний стан машин особу.

8. Безпосередньо на ділянках проведення польових робіт необхідно забезпечити виконання протипожежних заходів, наявність справних засобів пожежогасіння та аптечки для надання першої допомоги потерпілим.
9. Після закінчення польових робіт машинно-тракторний агрегат потрібно встановити у безпечне положення. Подальше очищення, технічне обслуговування та підготовку культиватора до зберігання слід здійснювати відповідно до вимог інструкції з експлуатації та правил безпеки праці.

Висновки

На підставі проведеного аналізу поширених технологій вирощування цибулі ріпчастої в Україні встановлено, що для виконання процесів основного обробітку грунту в осінній період більш доцільним є використання безвідвального плоскорізного обробітку грунту з використанням важкого комбінованого культиватора марки КПМ-4 замість традиційного полицевого плужного обробітку з використанням поширених плугів марки ПЛН-5,-35.

Вивчення загальних характеристик процесів, які відбуваються з грунтовими агрегатами в процесі його обробітку спонукали для уточнення закономірностей їх взаємозв'язку. З цією метою були проведені експериментальні дослідження процесу розпушування грунту важкими культиваторними лапами шириною захвату 42см. За результатами дослідження встановлено що:

- раціональна глибина обробітку грунту плоскорізними робочими органами, з точки зору забезпечення максимально можливого значення показника кришення, знаходиться в межах від 10 до 13 см, а отже при обробітку грунтів на більші глибини необхідно викориистовувати комбіновані ґрунтообробні машини;

- враховуючи те, що грунтові агрегати максимальних розмірів формуються в приповерхневих шарах, чи безпосередньо на поверхні обробітку, то більш доцільним може бути використання додаткових робочих органів, які працюють на глибину до15 см з урахуванням стану грунту та способу їх впливу на грунт – стиснення, проколювання, розламування та ін.

На підставі отриманих результатів проведено удосконалення конструкції зубових борін у складі комбінованого культиватора. Виконано коригування зубового поля борони змінені геометричні параметри зубів

Проведені порівняльні розрахунки ефективності використання ґрунтообробних агрегатів різного складу свідчать про наступне:

- Використання трактора Т-150К у складі агрегату з експериментальним важким комбінованим культиватором КПМ-4 забезпечує істотне підвищення продуктивності основного обробітку ґрунту порівняно з агрегатом Т-150К + ПЛН-5-35 у 2,29 рази.
- Застосування культиватора КПМ-4 дозволяє скоротити тривалість виконання робіт на площі 130 га на 79,6 год.
- . Використання удосконаленого культиватора КПМ-4 забезпечує зменшення питомих витрат пального на 3,61 л/га, або близько 30 %.

Отримані результати свідчать про перспективність застосування важкого комбінованого культиватора КПМ-4 для основного обробітку ґрунту. Водночас остаточна оцінка його ефективності повинна враховувати якість розпушування ґрунту на заданій глибині, ступінь подрібнення ґрунтових агрегатів, наявність рослинних решток на поверхні та стабільність роботи робочих органів.

В цілому виконана робота має сприяти підвищенню загальної ефективності вирощування цибулі у господарствах центральних регіонів України.

Список використаної літератури

1. Цибуля. Технологія вирощування. Загальні вимоги : ДСТУ 6012:2008. Київ : Держспоживстандарт України, 2008.

2. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Інноваційний бізнес-проект з виробництва цибулі на продовольчі цілі. Селекційне, 2023. 14 с.

3. Готвянська А. С. Елементи енергоефективної технології вирощування цибулі ріпчастої на продовольчі та насіннєві цілі для Північного Степу України : дис. ... канд. с.-г. наук. Дніпропетровська обл., 2019.

4. Овочівництво : опорний конспект лекцій / уклад. ... Умань : Уманський національний університет садівництва, 2023. 54 с.

5. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Наукові розробки: технологія вирощування овочевих і баштанних культур. Селекційне, 2026.

6. Вітанов О. Д., Зелендін Ю. Д., Чефонова Н. В. Цибуля ріпчаста: прийоми та елементи ресурсозберігаючої технології вирощування. Селекційне : Інститут овочівництва і баштанництва НААН, 2025.

7 Вітанов О. Д. та ін. Науково-практичні засади інтенсивних технологій вирощування цибулевих культур : навчально-методичний посібник. Селекційне : ІОБ НААН, 2025.

8. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Інноваційний бізнес-проект з виробництва цибулі на продовольчі цілі. Селекційне, 2023.

9. Досвід вирощування цибулі на сході України // Пропозиція. 2022.

10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу „Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва”, „Експлуатація машинно-тракторного парку” для студентів спеціальності – Агрономія / Укл: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз.-Кіровоград КДТУ. 1999. – 44с.

11.Артюх В. О. Експлуатація машин і обладнання : методичні рекомендації для виконання курсового проекту студентами денної форми навчання напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Миколаїв : МНАУ, 2015. 43 с. dspace.mnau.edu.ua+1

12. Мікуліна М. О. Дослідження показників орних агрегатів. Технічні науки. Транспорт. Електронний ресурс. URL: https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/6469/1/ТЕЗА%204.pdf (дата звернення: 02.11.2026).

13. Землеробство: підручник / С. П. Танчик, О. С. Павлов, А. І. Бабенко. Київ: НУБіП України, 2025. 338 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/13117 (дата звернення: 21.10.2026).

14. Агротехнологічні вимоги до оранки та знаряддя для її виконання. URL: https://dspace.dsau.dp.ua/bitstreams/6591cee0-0825-422b-820c-47063b5e55fb/download (дата звернення: 21.10.2026).

15. Основні вимоги до обробітку ґрунту // Агрономія. 2024. 13 берез. URL: https://agronomy.com.ua/statti/2326-osnovni-vymohy-do-obrobitku-gruntu.html (дата звернення: 21.10.2026).

16. Агрономія: методичні вказівки до виконання практичних робіт. 2021. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35042/1/2021_Agronomia_metod_praktucni.pdf (дата звернення: 21.10.2026).

17. Лещенко С. М., Сало В. М., Петренко Д. І., Васильковський О. М., Мельниченко В. Дослідження впливу параметрів глибокорозпушувача та комбінації робочих органів на ефективність обробітку ґрунту. Конструювання, виробництвотаексплуатаціясільськогосподарськихмашин:загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 2023. Вип. 53. С. 196–208. DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.196-208

18. Сало В.М. Оцінка показника кришення грунту при основному безполицевому обробітку. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2006, випуск 36,1 – 206 (35 - 40).

19. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Оцінка енергоємності глибокого обробітку ґрунту комбінованими чизельними глибокорозпушувачами . Технікавсільськогосподарськомувиробництві, галузевемашинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградськогонац. техн. ун-ту. 2018. Вип. 31. С. 10–20. https://doi.org/10.32515/2409-9392.2018.31.10-20.

20. Лещенко С.М., Сало В.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І Визначення параметрів та ефективність роботи додаткових робочих органів глибокорозпушувачів. Конструювання, виробництвотаексплуатаціясільськогосподарськихмашин:загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 2022. Вип. 52. С. 108-117. DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.108-117

21. Usaborisut P., Prasertkan K. Specific energy requirements and soil pulverization of a combined tillage implement. Heliyon. 2019. Vol. 5, No. 11. Article e02757. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02757.

22. Сало В. М. Науково-технологічні основи обґрунтування складу та параметрів комбінованих ґрунтообробних знарядь : дис. ... д-ра техн. наук. Тернопіль, 2008.

23. Особливості проведення обробітку ґрунту та сівби озимих зернових під урожай 2025 року : науково-практичні рекомендації / Ю. Кернасюк та ін. ; за ред. І. Семеняки, О. Гайденка. Кропивницький : Інститут сільського господарства Степу НААН, 2024. 68 с. URL: https://apk.kr-admin.gov.ua/files/14102024.pdf (дата звернення: 11.11.2026).

24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservation Agriculture principles. Rome : FAO. URL: https://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/conservation-agriculture-principles/en/ (дата звернення: 11.11.2026).

25. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Minimum mechanical soil disturbance. Rome : FAO. URL: https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/minimum-mechanical-soil-disturbance/en/ (дата звернення: 11.11.2026).

26. USDA Natural Resources Conservation Service. Residue and Tillage Management, No-Till (Ac.) (329) Conservation Practice Standard. URL: https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/residue-and-tillage-management-no-till-ac-329-conservation (дата звернення: 11.11.2026).

27. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та сівби. Агробізнес сьогодні. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vymohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html (дата звернення: 11.11.2026).

28. П.П. «Савицький М.І.» КПМ-4, КПМ-6, КВК-4. Культиватори причіпні універсальні та їх модифікації. Паспорт та інструкція по експлуатації. м. Кропивницький, вул. Ливарна, 1, 2019.

29. Сисолін П.В. Та ін. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкці, проектування. Підруч. Для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. виробництва»/ За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін,В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред М.І. Черновола, - К: Урожай, 2001. – 384с.

30. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12.

31. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18.

32. Які існують мінімальні вимоги до безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки? // Державна служба України з питань праці. URL: Офіційний вебсайт Держпраці (дата звернення: 14.11.2026).