

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“10” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Штаньку Назару Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технічне забезпечення догляду за посівами зернових культур в умовах ТОВ "Агро-Ера"

керівник роботи: доцент Івченко О.В.,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “10” 10 2024 року № 3483/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: “01” “06” 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Нормативно-технічна документація по розробці механізованих технологічних процесів у рослинництві. 2. Науково-технічна література. 3. Літературні джерела інформації та Інтернет ресурси 4. Методичні рекомендації до виконання проекту (роботи)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Аналіз господарства ТОВ «АГРО-ЕРА» 2. Технологічна частина 3. Технологічні розрахунки та обґрунтування вдосконалення конструкції. 4. Охорона праці. 5. Оцінка економічної ефективності. Загальні висновки. Список літературних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Культиватор-рослопідживлювач (А2х3, 2 листа). 2 Зчіпка (А1). 3. Лапа для локального внесення мінеральних добрив та гербіцидів (А2). 4. Складальні одиниці та деталювання (А1).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ ___ ” _____ 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	04.09.2024-10.09.2024	
2.	Збір інформації про діяльність господарства	11.09.2024-30.09.2024	
3.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2024-02.12.2024	
4.	Складання плану роботи	04.12.2024-09.12.2024	
5.	Написання вступу	11.12.2024-18.12.2024	
6.	Підготовка розділу «Аналіз господарської діяльності ННБК СНАУ»	19.12.2024-09.01.2025	
7.	Підготовка розділів «Технологічна частина», «Технологічні розрахунки машино-тракторного агрегату для посіву соняшника»	10.01.2025-21.02.2025	
8.	Підготовка розділу «Удосконалення конструкції пневмомеханічного висівного апарата»	22.02.2025-10.04.2025	
9.	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.04.2025-17.04.2025	
10.	Підготовка розділу «Економічна оцінка проекту»	18.04.2025-30.04.2025	
11.	Написання загальних висновків	01.05.2025-09.05.2025	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 10.05.2025	
13.	Подання роботи до експертної ради факультету	до 13.05.2025	
14.	Подання роботи на рецензування	до 20.05.2025	
15.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025	

Здобувач вищої освіти _____ Штанько Н.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Івченко О.В.

АНОТАЦІЯ

Штанько Н.С. **Технічне забезпечення догляду за посівами зернових культур в умовах ТОВ "Агро-Ера"** Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – СНАУ. - Суми.- 2025, 52 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 29 найменування та додатків. Загальний обсяг роботи становить 52 сторінок, на яких представлено 4 таблиць, 11 рисунків, 2 додатки та 5 аркушів графічної частини формату А1.

У кваліфікаційній роботі розглянуто технічне забезпечення догляду за посівами зернових культур в умовах ТОВ «Агро-Ера».

У першому розділі проведено аналіз діяльності господарства ТОВ «Агро-Ера», що включає загальну характеристику, аналіз матеріально-технічної бази, економічних показників, виявлення існуючих проблем і обґрунтування шляхів їх вирішення. Встановлено, що ефективність агротехнічних заходів значною мірою залежить від рівня технічного оснащення.

У другому розділі подано технологічні аспекти догляду за посівами, зокрема способи внесення мінеральних добрив та особливості використання культиватора-рослинопідживлювача. Детально описано конструкцію культиватора УСМК-8,1, умови його агрегування, типові агровимоги та запропоновані удосконалення.

Третій розділ містить техніко-технологічні розрахунки, що обґрунтовують доцільність внесених змін до конструкції робочих органів культиватора. Вдосконалення включають зміну конструкції стрільчастої лапи, яка дозволяє локально вносити агрохімікати під час міжрядної обробки ґрунту, та модифікацію копіювального колеса секції для точнішого регулювання глибини.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці під час експлуатації техніки на польових роботах.

П'ятий розділ містить економічне обґрунтування запропонованих технічних змін. Розрахунки показали, що внаслідок модернізації продуктивність

зростає на 7,39 га за зміну, витрати пального знижуються до 0,92 кг/га, а собівартість обробітку — до 170 грн/га. Річний економічний ефект оцінюється у 8627,8 грн.

Зроблено висновок, що запропоновані зміни дозволяють зменшити витрати на догляд за посівами та підвищити загальну ефективність виробництва.

Ключові слова: міжрядна обробка, культиватор-рослинопідживлювач, УСМК-8,1, стрільчаста лапа

ABSTRACT

Shtanko N.S. **Technical Support for Crop Care of Cereal Crops under the Conditions of LLC "Agro-Era"**. Bachelor's Qualification Thesis for obtaining the Bachelor's Degree in Specialty 208 Agricultural Engineering. – SNAU. – Sumy. – 2025, 52 pages.

The bachelor's qualification thesis consists of an introduction, five chapters, general conclusions, a list of references containing 29 sources, and appendices. The total volume of the thesis is 52 pages, including 4 tables, 11 figures, 2 appendices, and 5 A1-format graphic sheets.

The qualification thesis investigates the technical support for crop care of cereal crops at the LLC "Agro-Era".

The first chapter provides a comprehensive analysis of the enterprise's operations, including general characteristics, evaluation of the material and technical base, economic performance indicators, identification of existing issues, and proposals for their resolution. The analysis confirms that the efficiency of agro-technical measures strongly depends on the level of technical equipment.

The second chapter focuses on the technological aspects of crop care, particularly the methods and equipment for applying mineral fertilizers. The structure of the USMK-8.1 cultivator-fertilizer is described in detail, including its aggregation features, typical agrotechnical requirements, and proposed design improvements.

The third chapter includes technical calculations and justification for the proposed structural modifications. Enhancements include a redesigned sweep blade for

subsoil placement of agrochemicals and an improved mechanism for adjusting the depth control wheel, which ensures more precise and easier depth settings. The sweep blade also incorporates a fertilizer tube and a passive prism divider for localized granule application during inter-row cultivation.

The fourth chapter addresses occupational safety aspects related to the operation of agricultural machinery in field conditions.

The fifth chapter provides an economic justification for the proposed technical improvements. The calculations demonstrate that after modernization, labor productivity increases by 7.39 hectares per shift, fuel consumption decreases to 0.92 kg/ha, and the cost of crop care drops to 170 UAH/ha. The predicted annual economic benefit is 8,627.8 UAH.

The study concludes that the proposed improvements to the cultivator-fertilizer design significantly reduce operational costs and contribute to increased agricultural efficiency, thus confirming the feasibility and economic rationale of the modifications.

Keywords: inter-row cultivation, cultivator-fertilizer, USMK-8.1, sweep blade

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 1 Аналіз господарства ТОВ «АГРО-ЕРА».....	8
1.1 Загальна характеристика господарства	8
1.2 Аналіз матеріально-технічної бази господарства.....	9
1.3 Аналіз продуктивності та економічних показників господарства ..	10
1.4 Проблеми та шляхи їх вирішення	11
2 Технологічна частина.....	12
2.1 Способи та технічне забезпечення внесення мінеральних добрив .	12
2.2 Опис культиватора-рослинопідживлювача, особливості агрегатування та пропозиції по вдосконаленню конструкції	17
2.3 Типові агровимоги до культиваторів-рослинопідживлювачів	22
3 Технологічні розрахунки та обґрунтування вдосконалення конструкції	24
3.1 Обґрунтування параметрів робочих органів культиватора.....	24
3.2 Обґрунтування взаємного розташування лап на секції культиватора.....	28
3.3 Визначення параметрів копіювального колеса секції культиватора	32
3.4 Розрахунок продуктивності культиватора-рослинопідживлювача .	33
3.5 Визначення тягового опору культиватора-рослинопідживлювача .	34
3.6 Обґрунтування повздовжньої стійкості агрегату для міжрядного обробітку.....	36
3.7 Розрахунок основних параметрів стояка культиваторної рами.....	38
4 Охорона праці.....	43
5 Оцінка економічної ефективності.....	45
Загальні висновки.....	47
Список літературних джерел.....	49
Додатки	

ВСТУП

Сільське господарство є однією з провідних галузей економіки України, яка відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави та формуванні її експортного потенціалу. Серед основних напрямів розвитку аграрного виробництва провідне місце займає вирощування зернових культур, які становлять основу раціонального землеробства і є важливою складовою кормової та харчової промисловості.

Виробництво зерна вимагає застосування ефективних і науково обґрунтованих технологій догляду за посівами, що забезпечують високі врожаї при зниженні витрат матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів. У цьому контексті особливого значення набуває технічне забезпечення агротехнологічних операцій, зокрема міжрядного обробітку ґрунту та локального внесення мінеральних добрив. Сучасна техніка повинна бути не лише продуктивною, а й економічно доцільною, екологічно безпечною та адаптованою до різних ґрунтово-кліматичних умов.

ТОВ «Агро-Ера» є типовим представником аграрного сектору Сумщини, який спеціалізується на вирощуванні зернових культур. Це одне із провідних агропідприємств Полтавської області, земельний банк якого складає 1500 гектарів сільськогосподарських угідь. Господарство активно впроваджує сучасні технології вирощування культур, зокрема механізовану міжрядну обробку просапних культур з одночасним внесенням добрив. Проте використання серійних культиваторів не завжди забезпечує виконання всіх необхідних функцій, що створює потребу в модернізації існуючих агрегатів для досягнення більшої ефективності. Наявні серійні культиватори та їхні робочі органи не завжди забезпечують виконання всіх необхідних функцій під час міжрядної обробки. Це створює потребу в модернізації існуючих агрегатів для забезпечення одночасного механічного догляду за культурами та ефективного внесення агрохімічних засобів. Зменшення кількості проходів техніки по полю сприятиме збереженню структури ґрунту, зниженню виробничих витрат і підвищенню загальної ефективності вирощування просапних культур.

Одним із ключових завдань господарства є підвищення ефективності технологічних процесів, пов'язаних з доглядом за посівами. Актуальність обраної теми обумовлена потребою в удосконаленні технічних засобів, які використовуються для проведення міжрядного обробітку та внесення добрив, з метою зменшення витрат, підвищення врожайності та загальної продуктивності праці.

Об'єктом дослідження є процес міжрядного обробітку ґрунту та внесення мінеральних добрив у посівах зернових культур із використанням культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 в умовах діяльності ТОВ «Агро-Ера».

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості впровадження вдосконаленої конструкції робочих органів культиватора у виробництво. Запропоновані технічні рішення дозволять зменшити витрати пального, підвищити продуктивність праці, забезпечити точніше внесення добрив, знизити собівартість обробітку та досягти значного річного економічного ефекту. Результати дослідження можуть бути використані в діяльності аграрних підприємств, машинобудівних компаній та освітньо-наукових установ агроінженерного профілю.

Враховуючи викладені аспекти, основною *метою цієї кваліфікаційної роботи* є аналіз наявного технічного забезпечення ТОВ «Агро-Ера» для догляду за посівами зернових культур, розробка пропозицій щодо вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача та економічне обґрунтування запропонованих змін.

Завдання кваліфікаційної роботи включають: аналіз матеріально-технічної бази господарства, вивчення існуючих технологій внесення добрив, дослідження конструктивних особливостей застосовуваних знарядь, техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації та оцінку очікуваного ефекту від впроваджених змін.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСТВА ТОВ «АГРО-ЕРА»

1 Загальна характеристика господарства

ТОВ «Агро-Ера» розташоване в Полтавському районі Полтавської області та є одним із провідних аграрних підприємств регіону. Основною діяльністю господарства є вирощування зернових та олійних культур, а також розвиток сучасних методів ведення сільськогосподарського виробництва.

Господарство має добре розвинену матеріально-технічну базу, яка включає сучасну сільськогосподарську техніку, обладнання для обробітку ґрунту, посіву та збирання врожаю, а також складські приміщення для зберігання продукції. Завдяки використанню інноваційних технологій та сучасних агротехнічних прийомів, підприємство забезпечує високу врожайність і якість продукції.

Природно-кліматичні умови

Полтавська область знаходиться в зоні помірно-континентального клімату, який характеризується помірно теплим літом і м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить +7,0...+8,5°C, а середня кількість опадів – 500-600 мм на рік. Це сприятливі умови для вирощування зернових культур, зокрема пшениці, ячменю, кукурудзи та сої.

Таблиця 1.1 – Середньомісячні температури в град С

Температура	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня	-7,7	-6,4	-1,1	7,9	14,9	18,0	19,2	18,2	13,0	6,6	0,6	- 4,1	6,6
Денна максимальна	-3	-3	2	12	19	22	23	22	17	10	2	-1	10
Нічна мінімальна	-10	-9	-3	3	9	13	14	13	8	3	-1	-6	3

Ґрунти території господарства представлені в основному чорноземами, які мають високий рівень родючості та сприяють отриманню стабільних урожаїв. Проте, необхідно враховувати ризики, пов'язані з посухами та нерівномірним розподілом опадів у вегетаційний період.

Земельні ресурси та структура посівних площ

ТОВ «Агро-Ера» має у своєму розпорядженні значний земельний фонд, 1500 гектарів який складається як із власних, так і орендованих угідь, Основні площі зайняті під вирощуванням зернових культур, зокрема:

- озима пшениця – 30%;
- ярий ячмінь – 13%;
- кукурудза – 20%;
- технічні культури (соя, соняшник) – 37%.



Сівозміна в господарстві з дотриманням науково обґрунтованих принципів, що дозволяє запобігати виснаженню ґрунтів та зберігати їхню родючість.

1.2 Аналіз матеріально-технічної бази господарства

Таблиця 1.2 – Машино-тракторний парк

Марка	Ефективна потужність, кВт	Кількість, шт.	Сумарна ефективна потужність, кВт
МТЗ – 82	210	2	420
John Deere 6М 220	184	2	368
Т – 150 К	120	1	120
ДТ – 75М	75	1	75
Навантажувач New Holland LM732	75	1	75
Всього	664	7	1058

ТОВ «Агро-Ера» має сучасний парк сільськогосподарської техніки, крім тракторів, що включає:

- зернозбиральні комбайни Claas, John Deere;
- ґрунтообробні агрегати (плуги, культиватори, борони);
- сівалки точного висіву;

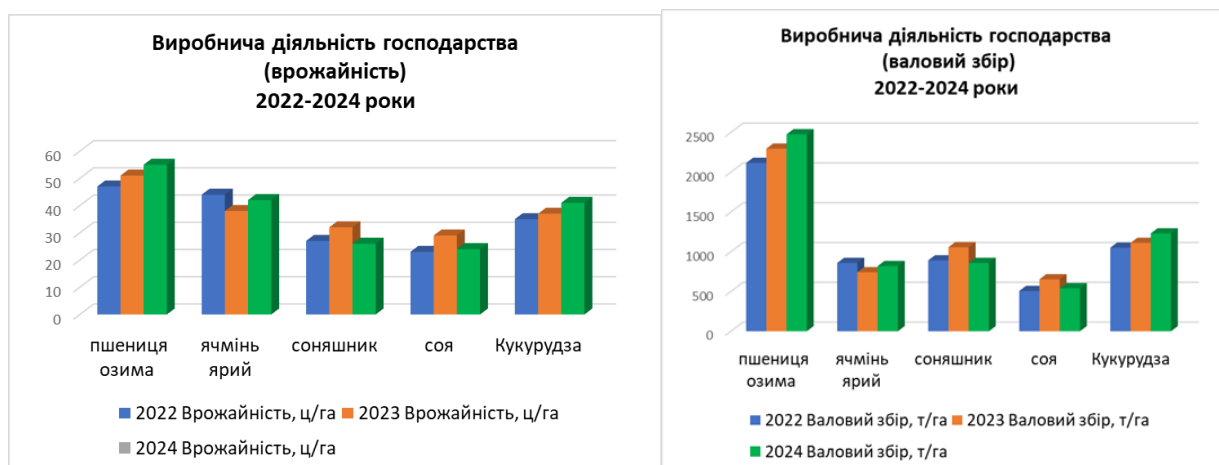
- обприскувачі для внесення засобів захисту рослин. причіпних чи начіпних розкидачів, серед яких: МВУ-8Б; МВУ-0,5; НРУ-0,5; МД-4; МУП-6пш; 1РМГ-4

Наявність такої техніки дозволяє здійснювати всі агротехнічні заходи в оптимальні строки, що сприяє підвищенню врожайності та економічної ефективності виробництва.

1.3 Аналіз продуктивності та економічних показників господарства

ТОВ «Агро-Ера» демонструє стабільний ріст економічних показників. Основними джерелами доходу є реалізація вирощеної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. Завдяки сучасним технологіям вирощування та ефективному управлінню, рівень рентабельності зернового виробництва є досить високим.

Виробнича діяльність господарства ТОВ «Агро-Ера»



Перспективи розвитку

У найближчій перспективі ТОВ «Агро-Ера» планує:

- розширення посівних площ за рахунок залучення нових земель;
- модернізацію технічного парку, зокрема вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1;
- впровадження точного землеробства та автоматизації агротехнологічних процесів;
- підвищення рівня екологічності виробництва через зменшення використання хімічних засобів захисту рослин.

Таким чином, аналіз діяльності ТОВ «Агро-Ера» свідчить про його стабільний розвиток, високу ефективність господарювання та потенціал для подальшого зростання в аграрному секторі Полтавської області.

1.4 Проблеми та шляхи їх вирішення

Проблеми господарства

1. Зношеність ґрунтообробної техніки. Деякі агрегати мають значний ступінь зносу, що знижує ефективність обробітку ґрунту.
2. Недостатня ефективність підживлення рослин. Існуючі системи внесення добрив потребують удосконалення для рівномірного розподілу поживних речовин.
3. Проблеми із точним землеробством. Не достатньо сучасних цифрових технологій обліку та контролю за станом посівів обмежує можливості оптимізації виробничих процесів.
4. Кліматичні ризики. Нерівномірний розподіл опадів і періоди посухи можуть негативно впливати на врожайність.

Шляхи вирішення проблем

1. Модернізація технічного парку. Придбання нової техніки, зокрема вдосконаленого культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1, дозволить підвищити ефективність обробітку ґрунту та догляду за посівами.
2. Впровадження сучасних систем підживлення. Дослідження та оптимізація секції робочих органів культиватора сприятиме рівномірному внесенню добрив, що позитивно вплине на врожайність.
3. Автоматизація виробничих процесів. Впровадження точного землеробства, використання GPS-навігації та сенсорних систем моніторингу дозволить знизити витрати та покращити якість обробітку.
4. Застосування методів адаптивного землеробства. Впровадження технологій вологонакопичення, використання посухостійких сортів зернових та оптимізація строків сівби допоможуть зменшити негативний вплив кліматичних факторів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Способи та технічне забезпечення внесення мінеральних добрив

Врожайність сільськогосподарських культур залежить від багатьох факторів, серед яких ключову роль відіграють освітлення, температура, рівень вологості та доступність поживних речовин. Усі ці чинники тісно пов'язані з родючістю ґрунту, що визначає потенціал розвитку рослин. Для створення сприятливих умов для ефективного вирощування культур необхідно забезпечити науково обґрунтовану сівозміну, своєчасний та якісний механічний обробіток ґрунту, використання високоякісного посівного матеріалу, а також оптимальний підбір і внесення добрив та інших агрохімічних засобів.

Одним із ключових аспектів підвищення врожайності є своєчасне та ефективне внесення мінеральних добрив. Це може відбуватися на різних етапах: під час підготовки ґрунту, посіву, догляду за посівами та в період активного росту культур. Сучасні технології вирощування рослинницької продукції передбачають особливу увагу до підживлення рослин саме в період їх активного розвитку. У разі вирощування просапних культур внесення добрив найчастіше здійснюється за допомогою просапних культиваторів, таких як культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1 [1].

Тривалий досвід застосування мінеральних добрив та інших агрохімічних засобів у сільському господарстві свідчить про необхідність постійного вдосконалення технологій їх внесення. Використання сучасних агрегатів, здатних одночасно проводити міжрядний обробіток і вносити добрива, дозволяє значно підвищити ефективність агротехнічних заходів. Оптимізація таких технологій сприятиме збереженню структури ґрунту, раціональному використанню ресурсів і підвищенню рентабельності сільськогосподарського виробництва.

Способи, які зараз існують для внесення добрива в ґрунт, зазвичай залежать від того, як реалізується технологічний процес, а також особливості

функціонування агрегатів та сільськогосподарських машин для такого внесення. Вони розділяються на групи, показані на рис.2.1 [2].



Рисунок 2.1 - Способи та прийоми внесення мінеральних добрив

У зв'язку з цим актуальним завданням є вдосконалення конструкції просапних культиваторів, зокрема їх робочих органів, для забезпечення рівномірного та ефективного внесення добрив під час міжрядного обробітку. Саме ця проблема стала предметом дослідження в межах даної кваліфікаційної роботи, основною метою якої є модернізація конструкції культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1. Внесені зміни дозволять покращити параметри обробки ґрунту, забезпечити рівномірне підживлення рослин та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Реалізація запропонованих рішень сприятиме підвищенню ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур у Полтавській області.

У більшості сільськогосподарських підприємств України найпоширенішим методом внесення добрив є їх поверхнєве розкидання з

подальшою заробкою в ґрунт за допомогою обробіткових машин та агрегатів. Така технологія пояснюється простотою виконання та доступністю відповідної техніки. Для цього фермерські господарства використовують різні типи розкидачів добрив, зокрема причіпні та навісні агрегати, такі як МВУ-8Б, МВУ-0,5, НРУ-0,5, МД-4, МУП-6пш, 1РМГ-4 тощо. Зазначені агрегати працюють за принципом відцентрового розкидання, що забезпечує високу продуктивність, зручність в експлуатації, надійність та простоту обслуговування. Вони вносять гранульовані мінеральні добрива в підґрунтову порожнину, тимчасово утворену конкретним робочим органом (рис.2.2) [2]

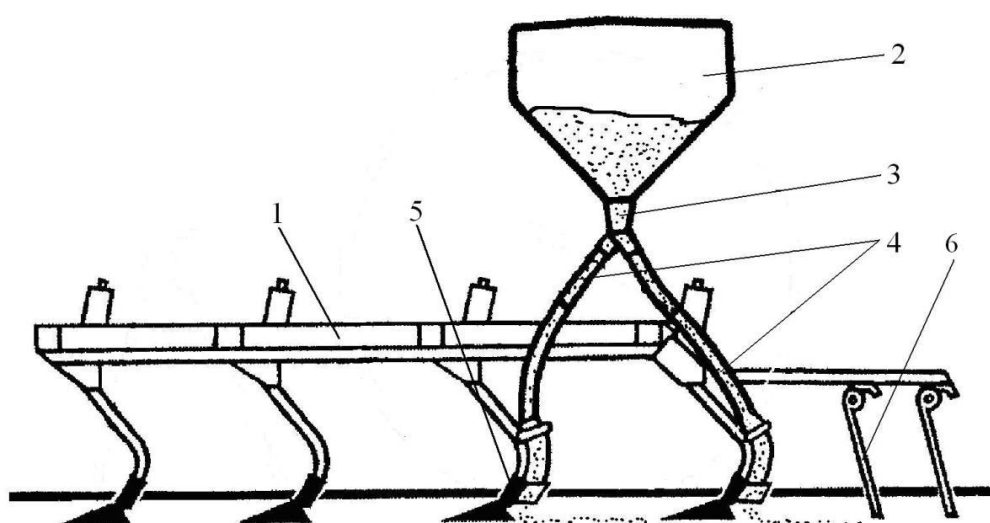


Рисунок 2.2 - Загальна схема внесення твердих мінеральних добрив під час безпліцевого обробітку ґрунту:

- 1 – рама ґрунтообробного агрегату; 2 – бункер для добрив;
- 3 – туковисівний апарат; 4 – тукопроводи; 5 – лапи з пристосуванням для внесення добрив; 6 – загортачі

Однак істотним недоліком такої технології є значна нерівномірність розподілу часток добрив по площі поля. Навіть у випадку використання найкращих моделей розкидачів відхилення в рівномірності можуть досягати 25-30%. Це негативно впливає на живлення рослин, призводить до нерівномірного дозрівання та зниження врожайності, а також сприяє строкатості розвитку

культур на полі. Через це подальше вдосконалення методу поверхневого розкидання добрив втрачає свою актуальність.

Натомість більш ефективним є внесення добрив під час виконання інших технологічних операцій, таких як сівба або догляд за посівами. У багатьох господарствах України активно застосовується метод одночасного внесення добрив із посівом. Це дозволяє розташовувати поживні речовини безпосередньо біля кореневої системи рослин, що підвищує ефективність їх засвоєння та сприяє швидкому розвитку культур. Така технологія особливо поширена під час висіву зернових культур із використанням рядкових сівалок.

У процесі росту рослин їхня коренева система поступово розвивається, проникаючи в нижні шари ґрунту в пошуках вологи та поживних речовин. Інтенсивність її розвитку безпосередньо залежить від рівномірного розподілу добрив у ґрунтовому профілі. Дослідження агрономів свідчать, що при внесенні суперфосфату корені культур щільно обплітають гранули добрив, що забезпечує їх ефективне засвоєння. Якщо добрива вносяться одночасно з посівом, вони розташовуються збоку від насінини, що стимулює більш активний розвиток кореневої системи в зоні концентрації поживних речовин. Ця особливість пояснюється природним механізмом переміщення добрив у товщі ґрунту.

Таким чином, удосконалення технологій внесення добрив під час догляду за посівами є одним із перспективних напрямків підвищення ефективності рослинництва. Це дозволяє оптимізувати використання мінеральних ресурсів, забезпечити рівномірний розвиток культур та підвищити загальну врожайність. Впровадження сучасних технічних рішень у цій сфері має стратегічне значення для розвитку сільськогосподарського виробництва та збереження родючості ґрунтів.

Одним із недоліків внесення мінеральних добрив у гранульованій формі під час сівби є їхнє розміщення безпосередньо в рядку або збоку від нього, що може бути неприйнятним для певних культур. У випадку, коли добрива концентруються з боків від рядка, частина поживних речовин витрачається на розвиток бур'янів, а коренева система сільськогосподарських культур змушена

тягнутися до джерела живлення, що спричиняє додаткові витрати енергії на ріст. Такий локальний спосіб внесення добрив дозволяє застосовувати лише стартову дозу, оскільки ємність бункерів сівалок не дозволяє використовувати великі обсяги мінеральних речовин. Крім того, надмірна концентрація добрив у безпосередній зоні розташування насіння може негативно вплинути на його схожість або навіть спричинити повну втрату проростання.

Для основного внесення мінеральних добрив більш ефективними є технології полицевого та безполицевого обробітку ґрунту, які здійснюються за допомогою агрегатів, таких як МКП-4, ГУН-4, КПП-2,2, АВМ-8 та інших аналогічних машин. Вони забезпечують рівномірне розміщення добрив у підґрунтовому шарі, який тимчасово формується робочими органами агрегату. Такий підхід має низку суттєвих переваг, зокрема поєднання декількох технологічних операцій в один процес: обробітку ґрунту, внесення добрив та їх загорання. Це сприяє зниженню витрат на вирощування сільськогосподарських культур за рахунок скорочення кількості проходів техніки полем, оптимізації використання добрив та мінімізації їхніх втрат через вплив атмосферних факторів [1].

Попри значні переваги, локальне внутрішньо-ґрунтове внесення добрив під час основного обробітку має певні труднощі. Зокрема, комбіновані агрегати для реалізації такого методу є технічно складними, а також виникає необхідність точного узгодження глибини обробітку ґрунту з оптимальною глибиною закладання добрив, що залежить від агротехнічних вимог до конкретної культури.

Однак одним із найбільш ефективних способів підживлення сільськогосподарських культур залишається внесення добрив у міжряддя під час міжрядного обробітку просапних культур. Така технологія дозволяє забезпечити рослини необхідними поживними речовинами у найбільш критичні періоди їхнього росту та розвитку без суттєвих змін конструкції існуючих просапних культиваторів і рослинопідживлювачів. Крім того, рівномірний розподіл гранул у зоні під робочими органами сприяє ефективному знищенню бур'янів за

допомогою внесення гербіцидів спрямованої дії у безпечні для основної культури зони.

Таким чином, аналіз існуючих методів внесення мінеральних добрив дає змогу зробити висновок, що локальне внесення добрив безпосередньо в ґрунт є найбільш доцільним і ефективним способом живлення сільськогосподарських культур. Воно дозволяє мінімізувати втрати поживних речовин через випаровування або вимивання, а також забезпечує раціональне використання добрив. Завдяки зменшенню потреби у додаткових технологічних операціях внутрішньогрунтові способи внесення мінеральних добрив сприяють економії ресурсів, скороченню часу виконання агротехнічних заходів та підвищенню врожайності.

2.2 Опис культиватора-рослинопідживлювача, особливості агрегаткування та пропозиції по вдосконаленню конструкції [1, 2, 8]

У даній роботі розглядається вдосконалення агрегату для міжрядного обробітку ґрунту – культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 (рис. 2.3). Цей агрегат є широко застосовуваним у сільському господарстві та призначений для догляду за посівами просапних культур, зокрема буряків із міжряддями 40 та 60 см, а також сої з міжряддям 45 см. Його основна функція – здійснення міжрядного обробітку ґрунту із одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив. При цьому виконується ряд важливих операцій:

- розпушування ґрунту в міжряддях культурних рослин, що сприяє руйнуванню ущільненої кірки та ефективному підрізання бур'янів у зоні дії робочих органів;
- проведення першого, другого, а при необхідності й третього міжрядного обробітку ґрунту, з можливістю підгортання культурних рослин у рядках;
- поєднання міжрядного обробітку з підживленням рослин у зоні дії робочих органів шляхом внесення сухих мінеральних добрив.

Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1 є універсальним агрегатом, який може використовуватися у фермерських господарствах будь-якої форми

власності та розмірів. Він адаптований для експлуатації у різних природно-кліматичних умовах та ґрунтових зонах України.

Серійна модель УСМК-8,1 забезпечує виконання технологічних операцій відповідно до встановлених нормативів за умови температури навколишнього середовища не нижче 5°C, твердості ґрунту до 2,0 МПа та вологості у межах 12–25%.

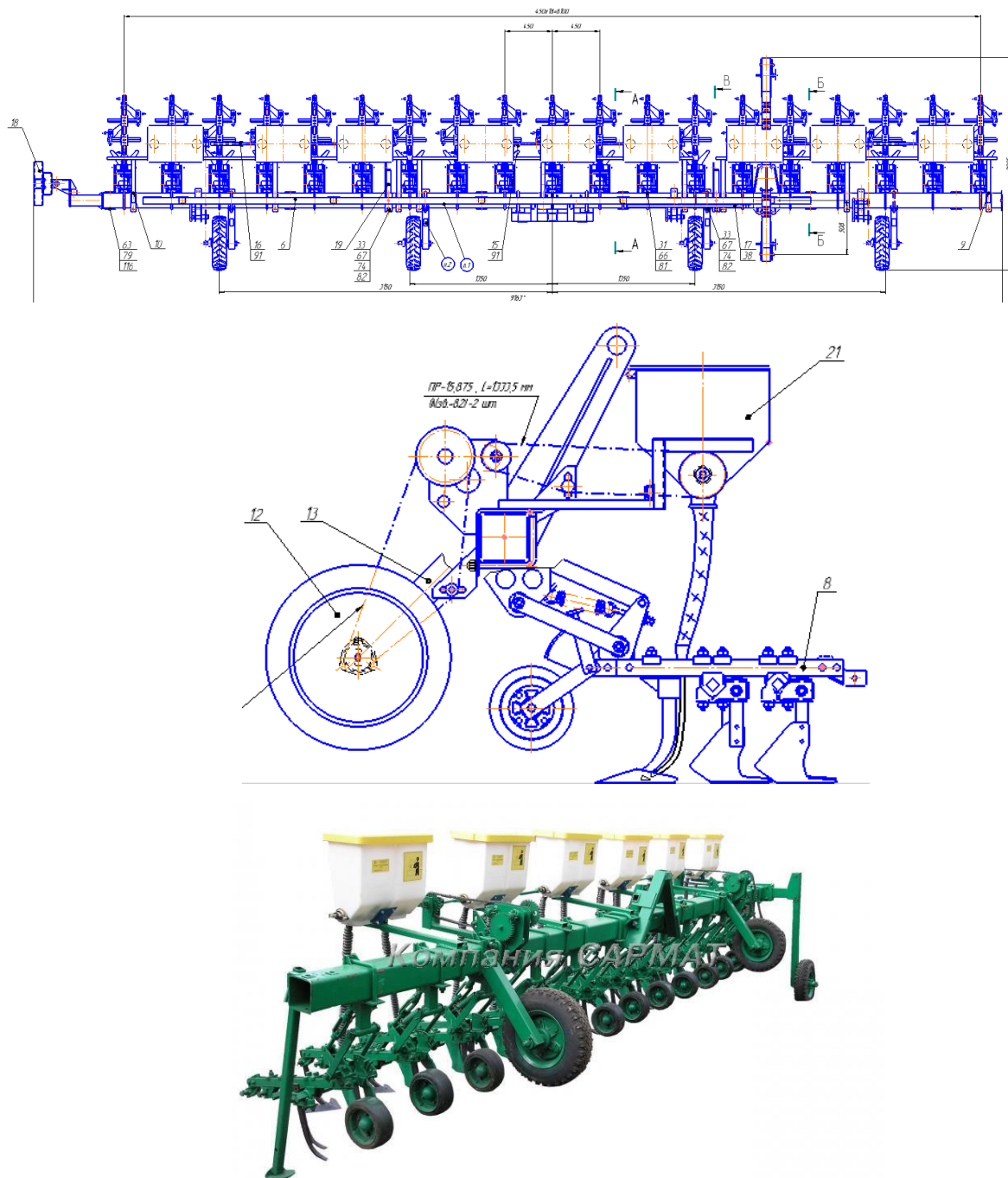


Рисунок 2.3 – Функціональна схема та загальний вигляд культиватора-рослинопіживлювача УСМК-8,1

Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-8,1 (рис.2.3) має типову конструкцію, що складається з наступних основних елементів:

- Рама-брус (6) – виконується у вигляді зварної конструкції з профільної труби 140×140×6 мм. У центральній частині рами розташований механізм автонавіски для з'єднання з трактором, а також передбачена навіска для транспортування агрегату дорогами загального користування.

- Опорні колеса (12) – встановлені на кулькових підшипниках, є швидкоз'ємними. Усього на агрегаті чотири опорні колеса, які кріпляться осями до спеціальних кронштейнів (16). Вони використовуються як транспортні під час переведення агрегату з робочого положення у транспортне.

- Секції робочих органів (8) – жорстко закріплюються на рамі (6) за допомогою переднього кронштейна (1) та скоби (2). Кожна секція складається з несучої рамки, гряділя та копіювального колеса. До гряділів кріпляться робочі органи, необхідні для виконання міжрядного обробітку та внесення добрив.

- Туковисівні механізми (21) – встановлені у верхній частині рами на кронштейнах, мають привід від опорно-приводного колеса, що забезпечує рівномірне внесення добрив у процесі роботи культиватора.

Для запобігання перекиданню агрегату під час транспортування, навішування на трактор та проведення технічного обслуговування передбачена додаткова опора, що підвищує безпеку експлуатації.

Таким чином, конструкція культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 забезпечує ефективне виконання всіх основних агротехнічних операцій, а його вдосконалення дозволить підвищити якість обробітку ґрунту та рівномірність внесення добрив.

Загальну технічну характеристику культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1 наведено в у табл.2.1.

Таблиця 2.1- Зведена основна технічна характеристика культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1

Назва параметра та розміри	Одиниця виміру	Норма
1	2	3
1. Марка УСМК-8,1		
2. Культиватор агрегується з тракторами тягового класу		2; 3
3. Спосіб агрегування		напівнависний
4. Продуктивність за 1 год, - основного часу, - змінного часу, не менше - експлуатаційного часу, не менше	га	від 3,16 до 6,86 2,88 2,5
5. Швидкість: робоча	км/год	від 4 до 9
транспортна, не більше		15,0
6. Робоча ширина захвату, не більше	м	8,1
7. Обслуговуючий персонал	чол.	1 (тракторист)
8. Можливість працювати на схилах, не більше	град.	5
9. Габаритні розміри в робочому стані. не більше: довжина x ширина x висота	мм	2200×9160×2025
10. Маса конструкційна, не більше	кг	1950
11. Температура навколишнього середовища, не менше	°С	+5
12. Кришення ґрунту під час міжрядного обробітку: грудки розміром: до 25 мм, не менше більше 25 мм, не більше	%	70 30
13. Підрізання пророщених або <u>слабоукоренілих</u> бур'янів, не менше	%	97
14. Підрізання культурних рослин, не більше	%	3
15. Кут поперечної статичної стійкості культиватора, приєднаного до трактора, не менше	град.	30
16. Об'єм одного бункера, не більше	м ³	0,05

Пристрій для транспортування культиватора-рослинопідживлювача 18 (рис. 1) дозволяє зменшити ширину агрегату до 2,2 м під час його переміщення.

Туковисівний апарат даного агрегату включає бункер для завантаження та транспортування добрив, кришку, замок, піддон, пружинний висівний механізм

із різносторонніми навивками (модель АТП-2), вал, пару відкидних козирків та пару тукопроводів для кожного апарата. Встановлений на ґрунтообробному агрегаті, цей механізм забезпечує внесення мінеральних добрив у твердому вигляді (гранульованому, порошковому або кристалічному стані) у зону кореневої системи культурних рослин. Привід апарата забезпечується через зірочки, які передають обертовий момент від опорно-приводного колеса через ланцюгову передачу та редуктор.

Перед початком роботи агрегат УСМК-8,1 потребує низки підготовчих операцій, зокрема агрегатування із трактором. Спочатку проводять повну розконсервацію, видаляючи захисне покриття, промиваючи його гарячою водою та просушуючи стиснутим повітрям. Далі здійснюється остаточне складання, встановлення необхідних ґрунтообробних робочих органів відповідно до вимог міжрядного обробітку.

Трактор також має бути підготовлений відповідно до інструкцій з експлуатації. Для транспортування агрегату його механізм автонавіски з'єднують із навісним пристроєм трактора, підіймають культиватор, опускають у нижнє положення та фіксують фіксатором. Далі опускають стійки на максимальну висоту, фіксують їх, а потім кріплять опорні колеса, які також виконують функцію приводних. Після переведення агрегату в транспортне положення трактор від'єднується від центральної автозчипки та підключається до бокової автонавіски 18, після чого опора підіймається та фіксується у нижньому положенні.

Згідно з вимогами безпеки, мінімальна відстань між найнижчою точкою культиватора-рослинопідживлювача та поверхнею ґрунту має становити не менше 300 мм. При транспортуванні агрегат може рухатися дорогами загального користування зі швидкістю до 15 км/год, а на дорогах із ускладненим покриттям швидкість необхідно знизити.

Під час модернізації ґрунтообробного агрегату були змінені параметри лапи, що покращило ефективність підрізання бур'янів. У підлаповий простір був встановлений пасивний ділильник, який дає змогу вносити засоби агрохімії

безпосередньо в підґрунтовий шар. Також була підвищена жорсткість переднього кронштейна секції робочих органів, що значно зменшило коливання під час руху по міжряддю, забезпечивши точніше ведення секцій по рядках і знизивши пошкодження культурних рослин до 2–4%. Крім того, було вдосконалено механізм регулювання глибини обробітку, що сприяло зменшенню витрат праці та покращенню умов роботи механізатора.

2.3 Типові агровимоги до культиваторів-рослинопідживлювачів [8]

Ґрунтообробний агрегат може бути рекомендований до використання в полі лише за умови дотримання ним усіх встановлених агротехнічних вимог. Це особливо важливо для агрегатів, що виконують міжрядний обробіток, оскільки недотримання вимог може призвести до пошкодження культурних рослин і зниження врожайності. Міжрядний обробіток ґрунту є важливою агротехнічною операцією, що сприяє покращенню фізичного стану ґрунту, знищенню бур'янів, збереженню вологи та створенню оптимальних умов для росту і розвитку культурних рослин. Для ефективного виконання цих завдань до роботи культиваторів, зокрема культиватора-рослинопідживлювача, під час міжрядного обробітку висувається низка важливих вимог

Основні вимоги до роботи культиватора під час міжрядного обробітку:

– забезпечення рівномірної глибини обробітку по всій ширині агрегату з допустимим відхиленням $\leq 10\text{--}15\%$ від заданої глибини. Це гарантує однакові умови розвитку кореневої системи рослин та запобігає нерівномірному проростанню бур'янів;

– запобігання утворенню великих грудок та розпилення ґрунту, а також виключення винесення на поверхню нижніх вологих горизонтів і надмірного ущільнення підорного шару для збереження газообміну та розвитку кореневої системи рослин;

– збереження $\geq 70\%$ стерні на поверхні поля при обробітку ґрунтів, схильних до вітрової або водної ерозії, стерня утримує вологу та знижує втрати ґрунту.;

– повне знищення бур'янів у зоні дії робочих органів, з ефективністю $\leq 98\%$, зменшуючи конкуренцію культурним рослинам;

– мінімізація ширини захисної зони рядка при міжрядному обробітку. Це дозволяє працювати ближче до рослин без пошкоджень, підвищуючи якість догляду;

– недопущення пошкодження культурних рослин, включаючи їх коріння та листко-стеблову масу, а також засипання ґрунтом сходів, якщо це не передбачено технологічним процесом;

– забезпечення рівномірного підгортання рослин розпушеним ґрунтом однакової товщини. Це сприяє захисту від пересихання та стимулює розвиток додаткових коренів.;

– внесення мінеральних добрив у вологий шар ґрунту на задану глибину з відповідною відстанню від рослин. Добрива повинні вноситися на задану глибину та з відповідною відстанню до рослин для їх ефективного засвоєння;

– рівномірний розподіл агрохімікатів як по ширині захвату, так і по довжині гонів. Це забезпечує рівномірність живлення або захисту на всій площі обробітку;

– забезпечення готовності поверхні поля до подальших технологічних операцій після проходження агрегату. Після проходу агрегату поле повинно бути вирівняне та готове до сівби, підживлення або обприскування без додаткових обробок.

Дотримання наведених вимог під час роботи культиватора-рослинопідживлювача дозволяє досягти високої агротехнічної ефективності міжрядного обробітку, знизити витрати, підвищити урожайність та забезпечити стабільний технологічний процес.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Обґрунтування параметрів робочих органів культиватора

Перший крок у визначенні параметрів робочих органів культиватора-рослинопідживлювача – це вибір стрільчастої лапи, яка виконує основну функцію обробітку ґрунту, а також обґрунтування її конструктивних особливостей. Робоча поверхня універсальних стрільчастих лап зазвичай представлена у вигляді зрізаного тригранного клину. Деформація ґрунту таким клином ретельно досліджувалася при роботі класичних плугів.

У процесі функціонування лап культиватора, як полольного, так і універсального типу, одним із ключових завдань є підрізання бур'янів, зокрема їх кореневої системи. Дослідження показали, що найбільш ефективним з енергетичної точки зору є різання із ковзанням. Виходячи з цього, при визначенні оптимального значення кута розходження лез культиваторної лапи 2γ важливо забезпечити, щоб процес підрізання бур'янів супроводжувався їх ковзанням по лезу робочого органу [1].

Такий метод різання значно полегшує перерізання коріння та сприяє безперешкодному сходженню частин рослин із леза, якщо вони не були повністю перерізані. Крім того, це запобігає налипанню залишків рослин на лезо лапи та зменшує ймовірність її забивання, що сприяє безперебійній роботі культиватора.

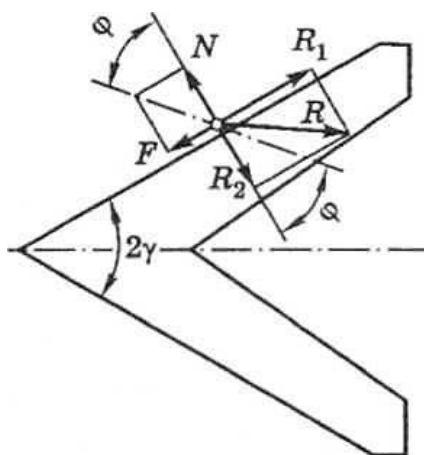


Рисунок 3.1- Силова схема діючих на лезо сил під час роботи стрільчастої лапи

Для визначення оптимального кута розходження леза 2γ [1], необхідно врахувати взаємодію сил під час перерізання бур'янів. Як видно з рис. 3.1, сила опору бур'яну R розкладається на дві складові: R_1 , яка спрямована вздовж леза, і R_2 , що діє перпендикулярно до нього. Аналіз взаємодії (силової) свідчить, що складова R_1 сприяє ковзанню бур'яну по лезу, тоді як сила тертя F чинить опір цьому руху. Отже, бур'ян буде переміщуватися по лезу лапи за умови, якщо сила R_1 перевищує силу тертя F , тобто виконується нерівність $R_1 > F$.

Із трикутника, див.рис.3.1, запишемо, що $R_x = R \times \cos\gamma$, і сила тертя

$$F = R_2 \times \operatorname{tg}\varphi.$$

Виразимо, за традиційним методом, складову R_2 через R -силу опору бур'яну, а коефіцієнт тертя- через $\operatorname{tg}\varphi$, маємо рівняння

$$F = R \cdot \sin\gamma \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (3.1)$$

Підставивши складові, що знайшли вище, рівняння ковзання бур'яну матиме такий вигляд

$$R \cdot \cos\gamma > R \cdot \sin\gamma \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (3.2)$$

Так як при однакових значеннях аргументу можемо перейти до значення функції, маємо:

$$\operatorname{ctg}\gamma > \operatorname{tg}\varphi.$$

Або ця умова виглядатиме так

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg}\varphi.$$

Після перетворення останньої нерівності маємо:

$$90^\circ - \gamma > \varphi,$$

Або в іншому вигляді умова ковзання має вигляд:

$$\gamma < 90^\circ - \varphi,$$

де $\varphi = 45^\circ$ – значення кута тертя бур'яну по лезу лапи, а значить $\gamma < 45^\circ$.

Приймаємо (так як лапа стрільчаста, універсальна) $\gamma=30^\circ$.

Ще одним важливим параметром лапи є кут кришення β , який визначає нахил площини крила стрільчастої лапи відносно горизонтальної поверхні. Вибір

цього кута ґрунтується на необхідності забезпечення якісного розпушування ґрунту, запобігаючи при цьому підняттю нижніх вологих шарів на поверхню. Згідно з дослідженнями, для універсальних стрільчастих лап оптимальний діапазон кута кришення становить 20–30°. У цьому випадку доцільно прийняти $\beta = 30^\circ$.

Крім того, якщо значення кута β перевищує 25° , загострення леза рекомендується виконувати з нижнього боку. Кут, утворений верхньою крайкою леза відносно горизонтальної площини в перпендикулярному до леза перетині, визначається як кут різання β_0 (рис. 3.2). Він описується рівнянням:

$$\beta_0 = i + \beta, \quad (3.3)$$

де i – значення кута загострення лапи, $i = 10^\circ$;

ε – потиличний кут леза лапи $\varepsilon = 30^\circ$

$$\beta_0 = 10 + 30 = 40^\circ$$

Кут α (підймання долота) – похідний і буде залежати від значень (фактичних) кутів: β та γ .

$$\alpha = \arctg \cdot (tg \beta \cdot \sin \gamma), \quad (3.4)$$

Якщо підставимо значення, маємо

$$\alpha = \arctg \cdot (tg 30^\circ \cdot \sin 30^\circ) = 15^\circ.$$

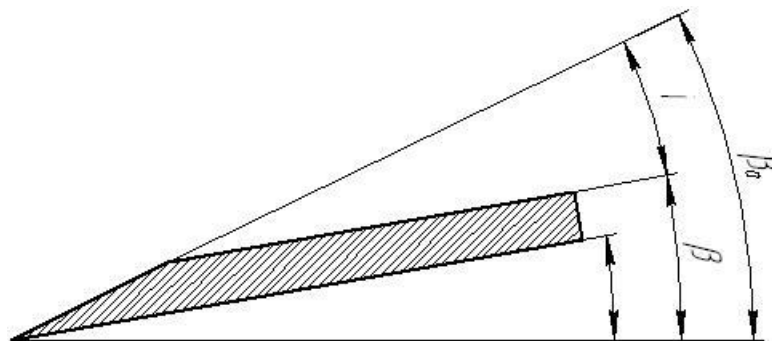


Рисунок 3.2 - Функціональна схема проведення загострення леза культиваторної лапи

Реальна ширина захвату стрільчастої лапи культиватора визначається відповідно до умови стійкості її руху на задану глибину обробітку, здатності до

самоочищення та з урахуванням умов експлуатації ґрунтообробного агрегату в полі. Відповідно до рекомендацій [1], щоб забезпечити ефективне самоочищення лапи, оптимальна ширина захвату не повинна перевищувати 400 мм. Зважаючи на наявність стандартних розмірів, для роботи культиватора обирається стрільчаста лапа, ширина захвату $B = 270$ мм.

Щодо товщини матеріалу, з якого виготовляється лапа (S), вона залежить від кількох факторів, таких як ширина захвату лапи B , ширина крила лапи l , глибина обробітку ґрунту h , тип та стан ґрунту, а також фізико-механічні властивості матеріалу, з якого виготовляється лапа. Однак для спрощення можна припустити, що товщина матеріалу залежить від ширини захвату лапи, згідно з [1]. Тому отримуємо таку формулу:

$$S \leq 0,02 \times B \quad (3.5)$$

Підставивши значення, маємо:

$$S \leq 0,02 \times 270 = 8,1 \text{ мм}$$

З урахуванням конструктивних особливостей та польового досвіду, обираємо товщину матеріалу $S = 6$ мм.

Ширина крила стрільчастої лапи b_1 обирається за стандартами для універсальної стрільчастої лапи з кутом кришення $\beta = 26^\circ$ та шириною крила $b_1 = 58$ мм.

Щоб визначити довжину прямолінійної ділянки (культиваторної лапи), використовуємо відому формулу [11]:

$$l = b_1 \cdot \sin \beta / \sin \alpha, \quad (3.6)$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$l = 58 \cdot \sin 30 / \sin 15 = 113 \text{ мм.}$$

Отже, довжина ділянки (прямолінійної) буде 115 мм.

Знайдемо виліт L

$$L = l \cdot \cos \alpha + \delta, \quad (3.7)$$

де δ – товщина пластин, для стрільчастої лапи приймаємо $\delta = 7$ мм;

$$L = 115 \cdot \cos 15 + 7 = 118 \text{ мм}$$

Прийmemo виліт дорівнює 118 мм.

Для визначення висоти стояка, яка фактично визначає відстань від носка лапи до нижньої поверхні рами знаряддя, скористаємося умовою, що запобігає забиванню стояків рослинними рештками під час роботи. Це можна виразити наступним чином:

$$H = H_1 + h_0, \quad (3.8)$$

де H_1 – відстань від нижньої поверхні рами культиватора до поверхні поля, $H_1 = 140$ мм; h_0 – максимально допустима глибина руху лапи в полі, $h_0 = 120$ мм.

Підставивши ці значення, отримаємо висоту стояка (лапи):

$$H = 140 + 120 = 260 \text{ мм.}$$

3.2 Обґрунтування взаємного розташування лап на секції культиватора [1,8]

Необхідно зазначити, що умови роботи культиваторних лап, які працюють на значну глибину, значно відрізняються від умов експлуатації ґрунтообробних органів, що працюють з ґрунтом, відокремленим з однієї чи обох сторін. Ці умови мають значний вплив на процес деформації ґрунту культиваторними лапами. Коли лапа рухається через ґрунт, вона деформує оброблюване середовище перед собою, а сама деформація відбувається в поздовжньо-вертикальній площині. Це дозволяє стверджувати, що під час роботи лапа деформує ґрунт так само, як і звичайний двогранний клин. В процесі деформації відбувається зрушення монолітів ґрунту і в поперечно-вертикальній площині, і ця силова взаємодія з необробленим ґрунтом обумовлюється взаємним зчепленням часток ґрунту між собою, що напряму залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Як відомо з досліджень [11, 12], рівнодіюча сила тертя, утворюється із сили тертя F та нормальної сили N , які діють на скибу ґрунту, ковзаючою по поверхні (робочій) клина. Ця рівнодіюча сила має кут нахилу відносно нормалі, рівний

кута тертя клину по ґрунту φ [11]. Застосовуючи теорію напружень (дотичних), можна стверджувати, що всі можливі напрямки сколювання монолітів ґрунту розташовуються симетрично відносно рівнодіючої сили R під кутом ω , що становить $40-50^\circ$ за дослідженнями науковців (рис. 3.3). Оскільки ґрунт є неоднорідним середовищем, з наявністю порожнин, щілин та різних включень, напрямок сколювання ґрунту практично не відхиляється від напрямку рівнодіючої сили R .

Під час розташування лап на культиваторі слід врахувати умови, при яких виключається забивання робочих органів рослинними рештками, частками ґрунту, бур'янами. Крім того, відповідно до агротехнічних вимог, не повинно бути пропусків в обробітку ґрунту. Тому лапи культиваторів зазвичай розташовуються у два або три ряди. Відстань між сусідніми робочими органами культиватора визначається з метою забезпечення перекриття зон деформації ґрунту (самими лапами культиватора) .

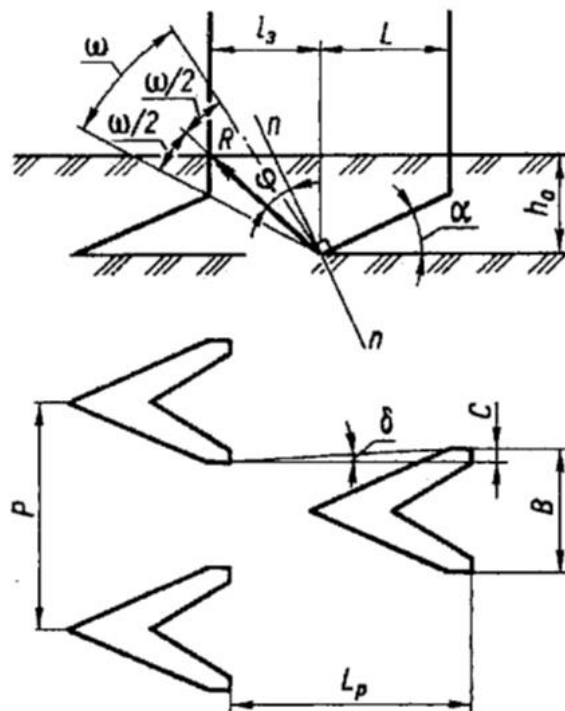


Рисунок 3.3- Схема розміщення лап на культиваторі

Для визначення відстані між рядами культиваторних лап на культиваторі (P L) можна використовувати таку формулу:

$$L_p \geq l_3 + L, \quad (3.9)$$

де L – значення вильоту культиваторної лапи, мм;

l_3 – відстань між стояком лапи переднього ряду до носка лапи заднього ряду (за рис. 4), що дорівнює $l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$;

φ – кут тертя ґрунту по матеріалу лапи (металу).

Отже, з урахуванням наведених даних отримаємо:

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L, \quad (3.10)$$

Після підставлення конкретних значень маємо:

$$L_p \geq 120 \cdot \operatorname{tg}(13 + 20) + 118;$$

$$L_p \geq 196 \text{ мм.}$$

Гранична зона поширення деформації ґрунту поздовжнього напрямку, що враховують можливість сколювання моноліту, буде мати вигляд:

$$L_{p\max} \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\alpha + \varphi + \frac{\omega}{2}\right) + L; \quad (3.11)$$

$$L_{p\min} = h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\alpha + \varphi - \frac{\omega}{2}\right) + L.$$

Підставивши значення, маємо:

$$L_{p\max} \geq 120 \cdot \operatorname{tg}\left(15 + 20 + \frac{40}{2}\right) + 118;$$

$$L_{p\max} \geq 227 \text{ мм.};$$

$$L_{p\min} = 120 \cdot \operatorname{tg}\left(15 + 20 - \frac{40}{2}\right) + 118;$$

$$L_{p\min} = 146 \text{ мм.}$$

Відстань між лапами культиватора, див. рис.3.4, забезпечить обробіток (суцільний) ґрунту. За формулою матимемо:

$$P \geq B + 2h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\omega}{2}\right); \quad (3.12)$$

$$P \geq 330 + 2 \cdot 120 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{40}{2}\right);$$

$$P \geq 417,4 \text{ мм.}$$

Відповідно рис.3.4, при умові повного підрізання бур'яну, знайдемо перекриття C між лапами культиватора (сусідніми), під час його роботи, за рівнянням

$$C = L_p \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (3.13)$$

де δ – кут, що визначає відхилення культиватора від прямолінійного руху під час його переміщення в полі, що дорівнює [2] $\delta = 7^\circ \dots 9^\circ$.

Підставимо значення

$$C = 200 \cdot \operatorname{tg} 7 = 24,5 \text{ мм.}$$

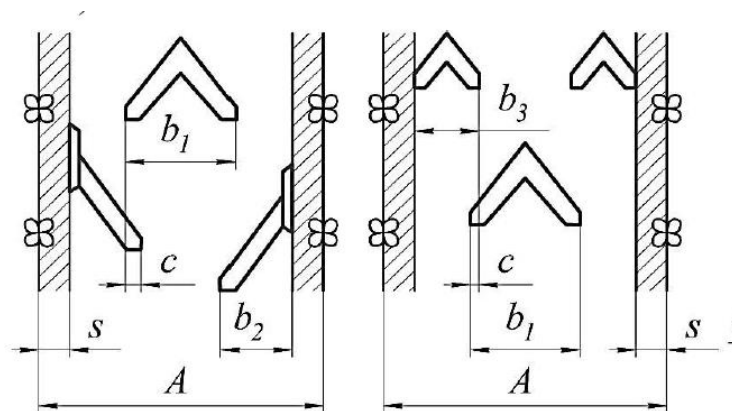


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема розміщення лап на культиваторі за різних умов роботи піж час міжрядного обробітку посівів

На культиваторах для міжрядного обробітку класичні лапи стрільчасті зазвичай розміщують перед однобічними лапами (бритвами). Така організація дозволяє під час роботи досягти рівнішої поверхні поля та забезпечити кращу рівномірність глибини обробітку. Крім того, стрільчасті лапи з меншою шириною захвату, зазвичай встановлюються перед лапами з більшою шириною захвату, оскільки це дозволяє зменшити енергоємність процесу обробітку ґрунту.

Для просапних культиваторів (див. рис. 3.4) коли маємо відому ширину міжряддя A , задане перекриття C , визначену захисну зону e і вибрані параметри, такі як ширина лап B_1 і B_2 , можна використовувати такі залежності [1-4]:

для випадку I:
$$B_2 + 0,5 \cdot B_1 = 0,5 \cdot A - (e - C);$$

для випадку II
$$B_1 + 0,5 \cdot B_2 = 0,5 \cdot A - (e - C).$$

3.3 Визначення параметрів копіювального колеса секції культиватора

Діаметр та ширина колеса секції-основні робочі параметри, тому вибираючи діаметр колеса, будемо враховувати повздовжню деформацію (її значення) ґрунту для виконання умови: кут $\alpha \leq 20^\circ$. Тоді, за виконання такої умови, попереду колеса утвориться грудка незначного розміру

$$\cos \alpha = \frac{D - 2 \cdot h}{D} = 1 - \frac{2 \cdot h}{D}, \quad (3.14)$$

де D – діаметр копіювального колеса секції, мм;

h – значення глибини колії, що утворюється на поверхні ґрунту після перекочування копіювального колеса секції, мм.

$$D \geq \frac{2h}{1 - \cos \alpha}.$$

Підставимо значення, отримаємо

$$D \geq \frac{2 \cdot 5}{1 - \cos 20^\circ} = 166 \text{ мм.}$$

Для покращення копіювання рельєфу ґрунту колесом і забезпечення кращого перекочування колеса через грудочку, що попереду, збільшимо діаметр (розрахунковий) колеса, встановлюючи його значення на $D = 300$ мм.

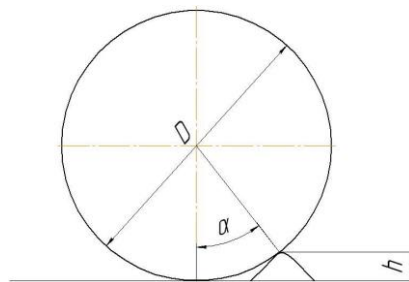


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема до визначення діаметра копіювального колеса

Зусилля, необхідне, щоб перекочувати копіювальне колесо, знайдемо за формулою

$$P = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{G^4}{q_0 \cdot B \cdot D^2}}, \quad (3.15)$$

де G – сила ваги копіювального колеса секції, Н;

q_0 – розрахункове значення коефіцієнту об'ємної деформації ґрунту, що за [2] знаходиться в діапазоні значень $0,3 \dots 0,5$ Н/см²;

B – ширина захвату копіювального колеса секції, см;

D – обраний діаметр копіювального колеса секції, що обґрунтовано вище см.

Підставивши значення, отримаємо

$$P = 0,86 \cdot \sqrt[3]{\frac{800^4}{0,4 \cdot 10 \cdot 30^2}} = 416 \text{ Н.}$$

3.4 Розрахунок продуктивності культиватора-рослинопідживлювача [1, 2]

Розрахуємо продуктивність культиватора-рослинопідживлювача за залежністю, за якою визначають продуктивність ґрунтообробного агрегату:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V_m \cdot \tau, \quad (3.16)$$

де B – фактична ширина захвату ґрунтообробного агрегату, для культиватора УСМК-8,1 $B = 8,1$ м.;

V_m – робоча швидкість машини, в даному випадку для міжрядної культивації приймаємо 9 м $V =$ км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу, що під час догляду за посівами [4] становить $\tau = 0,77$.

$$W = 0,1 \cdot 8,1 \cdot 9 \cdot 0,77 = 5,61 \text{ га/год.}$$

3.5 Визначення тягового опору культиватора-рослинопідживлювача

Той факт, що енергоємність роботи агрегату при основному обробітку ґрунту є вищою за енергоємність поверхневого обробітку, дає нам можливість розраховувати тяговий опір культиватора за рівнянням [11]:

$$R_x = K_k \cdot B_m, \quad (3.17)$$

де K_k – значення питомого опору культиватора, за [4] $1,8 \dots 2,7$ к $K = \text{кН/м}$;

B_m – ширина захвату культиватора, визначена вище $8,1$ м $B = \text{м}$.

$$R_x = 2,3 \cdot 8,1 = 12,42 \text{ кН.}$$

Зважаючи на роботу культиватора по міжрядному обробітку, знаходимо питомий опір машини за такою залежністю:

$$R_x = (A - 2 \cdot e) \cdot n \cdot K_k, \quad (3.18)$$

де A – ширина міжряддя, яку обробляє культиватор-рослинопідживлювач, $A = 450$ мм;

e – величина захисної рядка, яку має забезпечувати агрегат, $e = 15$ мм;

n – кількість секцій робочих органів, тобто фактична кількість міжрядь, що обробляє культиватор-рослинопідживлювач, приймаємо $n = 18$

Підставляємо значення

$$R_x = (0,450 - 2 \cdot 0,015) \cdot 18 \cdot 2,3 = 17,39 \text{ кН.}$$

Відповідно нормативам та знайденому опору, прийmemo для роботи з культиватором трактор МТЗ-82 1.4 тягового класу.

Знайдемо зусилля, що діє на лапу R_{zx} (під час обробітку ґрунту), див. рис. 3.6, за формулою [11]:

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos \theta} = \frac{10^{-3} \cdot K \cdot B}{\cos \theta}; \quad (3.19)$$

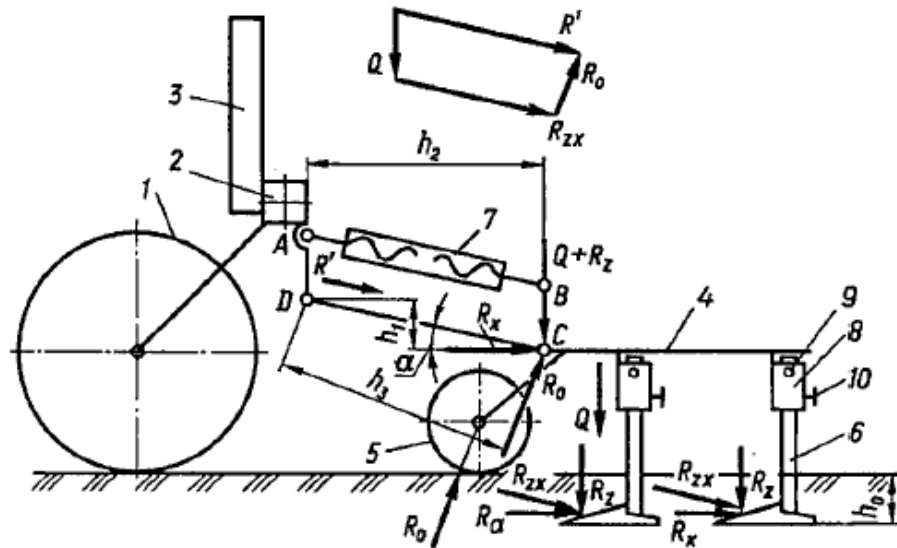


Рисунок 3.6 - Силовий аналіз культиватора

- 1 – колеса опорні; 2 – брус рами; 3 – автонавіска культиватора;
 4 – секція робочих органів (гряділь); 5 – копіювальне колесо секції;
 6 – ґрунтообробні робочі органи; 7 – паралелограмний механізм секції; 8
 – хомут; 9 – притискач; 10 – регулювальний гвинт

Підставляємо значення

$$R_{zx} = \frac{10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 330}{\cos 10} = \frac{0,759}{0,985} = 0,77 \text{ кН.}$$

Заглиблення робочих органів культиватора-рослинопідживлювача визначається дією сили ваги секції робочих органів Q та реакцією R_{zx} . Очевидно, що окрім ваги, положення ланок AB, DC (див. рис.3.6) у паралелограмному механізмі також безпосередньо впливає як на заглиблення робочих органів, так і на реакцію ґрунту на колесо (копіювальне) секції R_0 .

Для визначення рівнодіючої всіх сил та реакції ґрунтового середовища на копіювальне колесо секції, розглянемо загальну умову рівноваги секції робочих органів культиватора. Приймаємо ланку паралелограмного механізму DC (підвіски) як повернутий план швидкостей. Далі, застосувавши метод Жуковського Н.С. [10], додаємо до плану швидкостей (див. рис. 3.6) всі сили (діючі), що дозволяє отримати рівняння:

$$R_x \cdot h_1 + R_0 \cdot h_3 - (Q + R_z) \cdot h_2 = 0. \quad (3.20)$$

Визначивши реакцію ґрунту на копіювальне колесо секції з отриманого рівняння маємо:

$$R_0 = \frac{l[(Q + R_z) \cos \alpha - R_x \cdot \sin \alpha]}{h_3}. \quad (3.21)$$

Тоді розраховуємо реакцію

$$R_0 = \frac{275[(15,6 + 0,2) \cos 10 - 0,58 \cdot \sin 10]}{310} = 13,7 \text{ кН.}$$

3.6 Обґрунтування повздовжньої стійкості агрегату для міжрядного обробітку [1, 17, 18]

Найбільші труднощі виникають при забезпеченні стійкості агрегату, що складається з трактора МТЗ-82 та культиватора-рослинопідживлювача УСМК- 8,1, особливо в умовах руху на підйом із переведеним культиватором у транспортне положення (рис. 3.7).

Стійкість (загальна) агрегату, що скомплектували, визначаємо через коефіцієнт запасу стійкості (повздовжньої) всієї системи. У таких умовах руху стійкість агрегату буде гарантовано забезпечена, якщо виконується наступна умова: $x_H \leq 0.4$.



Рисунок 3.7 - Схема до розрахунку ґрунтообробного агрегату під час його руху в транспортному положенні на підйом

Розрахуємо коефіцієнт запасу поздовжньої стійкості за залежністю:

$$x_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a}, \quad (3.22)$$

де G_n – вага навішеного агрегату, в даному випадку – культиватора УСМК-8,1, за [5] $12,5$ н $G = \text{кН}$;

a_n – поздовжня координата центра ваги навішеного агрегату, для культиватора УСМК-8,1, який піднятий у транспортне положення $1,5$ $a_n = \text{м}$;

G – вага енергетичного засобу, так як культиватор працює у агрегаті із трактором МТЗ-82, його вага [2] становить $G = 33,4$ кН;

a – поздовжня координата центра ваги енергозасобу по відношенню до осі його ведучих коліс, для МТЗ-82 [2] – $a = 0,724$ м.

Підставивши наведені числові значення, отримаємо

$$x_n = \frac{6,3 \cdot 1,5}{33,4 \cdot 0,724} = 0,391.$$

Отже, умова стійкості виконується

$$x_n < 0,4$$

Розрахуємо навантаження на передні колеса трактора МТЗ-82 за залежністю

$$N_n = \frac{G \cdot a - G_n \cdot a_n - f \cdot r \cdot (G + G_n)}{L}, \quad (3.23)$$

де f – коефіцієнт, що враховує перекочування колеса, для поля на якому розміщена стерня попередника, $f = 0,1$;

r – радіус кочення приводних коліс енергетичного засобу, для трактора МТЗ-82 [2], $r = 0,73$ м;

L – поздовжня база енергетичного засобу, для МТЗ-82, $L = 2,37$ м.

Підставивши наведені вище значення, отримаємо

$$N_n = \frac{33,4 \cdot 0,724 - 6,3 \cdot 1,5 - 0,1 \cdot 0,73(33,4 + 6,3)}{2,37} = 4,99 \text{ кН.}$$

Отримане значення 4,99 кВт < 12 кВт, тобто нижче допустимого.

Розрахуємо навантаження на задні колеса трактора, врахувавши вагу культиватора, яка перерозподіляється між осями (передніх коліс) за залежністю

$$N_3 = G + \Delta G + G_n - N_n = 33,4 + 6,3 - 4,99 = 34,7 \text{ кН}$$

Маємо незначне перевищення допустимого навантаження ($[N]=33,7 < 34,7$ кВт), 2,9 відсотків, але воно несуттєве, отже комбінований агрегат при таких умовах працюватиме.

Знайдемо критичний кут схилу агрегату ґрунтообробного (скомплектованого) за формулою [2]:

$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{\left(\frac{a}{h} \right) \cdot (1 - x_n)}{1 + \delta_n} - f \right), \quad (3.24)$$

де h – значення вертикальної координати центру ваги енергетичного засобу, яка для трактора МТЗ-82 [6] дорівнює $h = 0,821$ м;

δ_n – коефіцієнт приведеної ваги агрегату, що визначається із співвідношення ваги культиватора до ваги трактора за такою формулою:

$$\delta_n = \frac{G_n}{G} = \frac{6,3}{33,4} = 0,19.$$

Підставимо значення, отримаємо критичний кут схилу

$$\alpha_1 = \arctg \left(\frac{\left(\frac{0,724}{0,821} \right) \cdot (1 - 0,391)}{1 + 0,19} - 0,1 \right) = 19,3^\circ.$$

3.7 Розрахунок основних параметрів стояка культиваторної рами

Для визначення міцності стояків культиваторної лапи на першому етапі необхідно встановити параметри, що впливають на їхню жорсткість. До таких

параметрів належать: r_0 - радіус заокруглення, H - висота стояка, L - виліт носка лапи (відносно стояка) (згідно з рис. 3.8).

Для розрахунку радіусу заокруглення лобової частини культиваторної лапи застосуємо відому формулу:

$$r_0 = \frac{(H_r - \ell \cdot \sin \alpha)}{\cos \alpha}, \quad (3.25)$$

де ℓ – значення, що відповідає довжині прямої ділянки стрільчастої лапи, мм

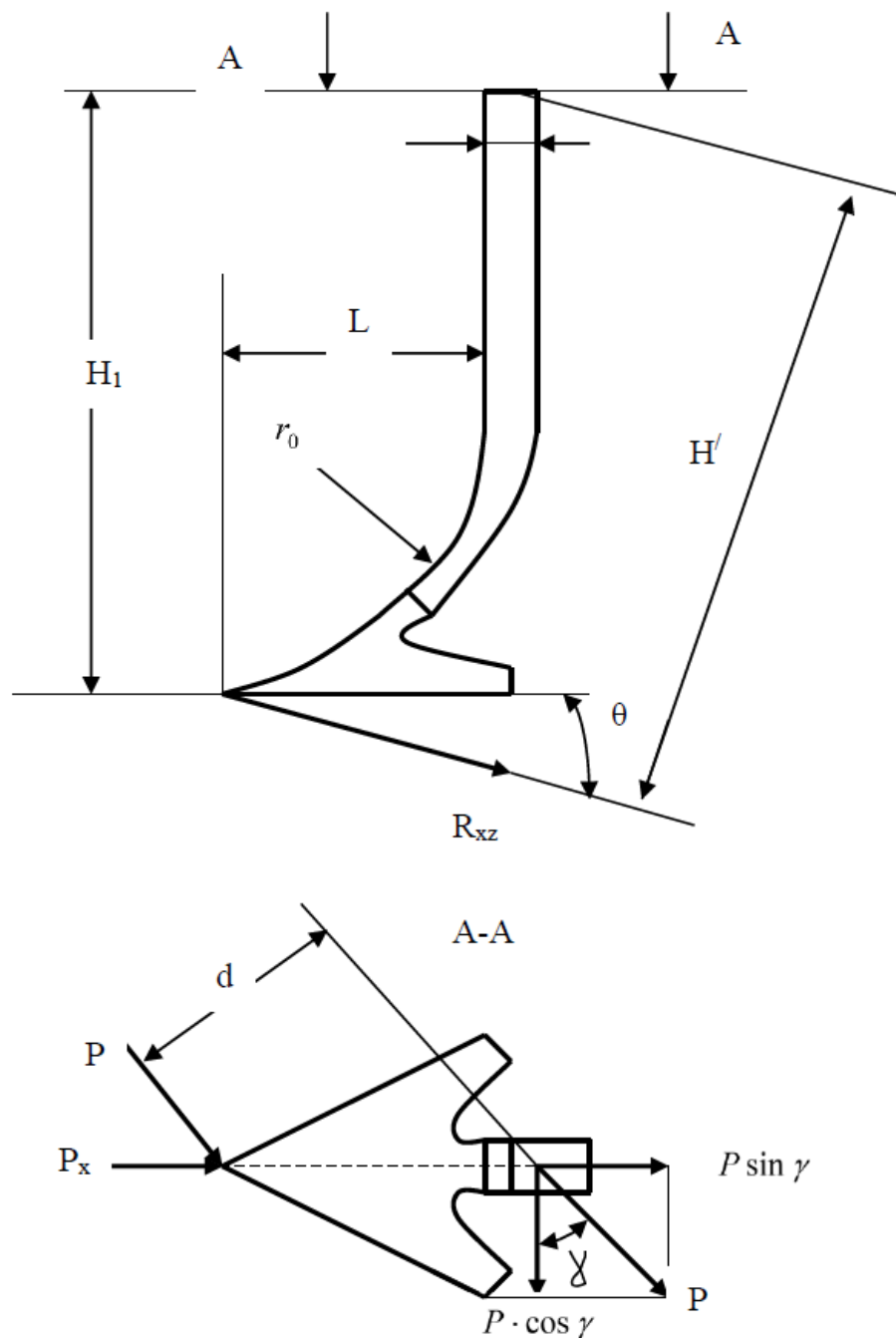


Рисунок 3.8 - Схема до визначення параметрів стояка лапи культиватора

$$H_r \geq 2 \cdot h_0,$$

$$H_r \geq 2 \cdot 200 = 400 \text{ мм.}$$

де h_0 – максимальна глибина ходу даної стрільчастої лапи, за якої можливе забезпечення технологічного процесу, мм.

Тоді знаходимо радіус заокруглення

$$r_0 = \frac{(400 - 100 \cdot \sin 16)}{\cos 16} = 390 \text{ мм.}$$

Виліт стояка знайдемо за формулою

$$L = r_0(1 - \sin \alpha) + \ell \cdot \cos \alpha; \quad (3.26)$$

$$L = 390(1 - \sin 16) + 100 \cdot \cos 16 = 380 \text{ мм.}$$

Тоді, щоб визначити висоту стояку лапи культиватора, (а вона є фактичною відстанню: опорна поверхня лапи - нижня площина рами знаряддя), необхідно враховувати умову, за якої забивання стояку грудками (грунту) і рештками рослин не повинно відбуватись. Виходячи з цього, висоту стояка визначаємо за формулою:

$$H_1 = H + h_0, \quad (3.27)$$

де H_1 – фактична відстань від нижньої поверхні рами культиватора до поверхні ґрунту, мм.

Розрахункове значення:

$$H_1 = 315 + 200 = 515 \text{ мм.}$$

З урахуванням запасу приймемо: $H_1 = 650$ мм

При силовому розрахунку перетину стояка лапи культиватора слід враховувати, що зусилля, яке діє на лапу, подвоюється через високу нерівномірність навантажень, прикладених до різних рядів робочих органів [8, 11].

Згинальний момент, що діє на робочий орган у перерізі А-А, можна визначити за такою формулою:

$$M_{зг} = 2 \cdot R_{zx} \cdot H^l, \quad (3.28)$$

де

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos \theta} = \frac{K_k \cdot B_m}{n \cdot \cos \theta}; \quad (3.29)$$

K – питомий опір культиватора-рослинопідживлювача, кН;

B_m – робоча ширина захвату агрегату, м;

n – дійсна кількість культиваторних лап на агрегаті, шт.;

θ – значення кута нахилу рівнодіючої сили до лінії горизонту, град.

Проведемо перетворення та підставимо значення, отримаємо

$$M_{зг} = \frac{2 \cdot K_k \cdot B_m \cdot H^l}{n \cdot \cos \theta}; \quad (3.30)$$

$$M_{зг} = \frac{2 \cdot 5,2 \cdot 4200 \cdot 650}{15 \cdot \cos 15} = 0,18 \text{ кН/м.}$$

Коли культиватор-рослинопідживлювач, при зміні траєкторії руху механізатором, знаходиться в робочому положенні, на стояки, що заглиблені в ґрунт, впливають напруження і кручення, і згину. Ці напруження стають особливо значними у культиваторах із широкозахватними лапами, тому їх врахування при розрахунку міцності стояків є обов'язковим.

У таких випадках тах напруження виникає, коли навантаження діє на носок лапи або край її леза, що залежить від положення стояка відносно лапи культиватора. За цих умов крутний момент визначається за наступною формулою:

$$M_{кр} = P \cdot d, \quad (3.31)$$

де P – значення сили опору, що дорівнює

$$P_{max} = R_x;$$

d – відстань, що вимірюється від центру перетину стояка до точки прикладання сили, мм

Підставимо значення, отримаємо

$$M_{кр} = 0,218 \cdot 330 = 71,94 \text{ кН} \times \text{мм}.$$

Максимальні моменти згину розраховуємо так:

$$M_x = P \cdot H \cdot \sin \gamma; \quad (3.32)$$

$$M_y = P \cdot H \cdot \cos \gamma.$$

Підставляємо значення, отримаємо

$$M_x = 0,218 \cdot 650 \cdot 0,54 = 76,5 \text{ кН} \times \text{мм};$$

$$M_y = 0,218 \cdot 650 \cdot 0,84 = 119 \text{ кН} \times \text{мм}.$$

Тоді момент опору

$$W = \frac{M_{кр}}{[\sigma_{-1}]} = \frac{180}{280 \cdot 10^6} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.33)$$

А відносно осей перетину маємо

$$W_x = h \cdot a^2 / 6 = 70 \cdot 32^2 / 6 = 1,19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$W_y = a \cdot h^2 / 6 = 32 \cdot 70^2 / 6 = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Приведені моменти розраховуємо по осям так

$$M_{нpx} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_x^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \sin^2 \gamma}; \quad (3.34)$$

$$M_{нpy} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_y^2} = R_x \sqrt{d^2 + H^2 \cdot \cos^2 \gamma}.$$

Підставляємо значення, отримаємо

$$M_{нpx} = \sqrt{71,9 + 76,5} = 105 \text{ кН} \times \text{мм} = 0,105 \text{ кН} \times \text{м};$$

$$M_{нpy} = \sqrt{71,9 + 119} = 139 \text{ кН} \times \text{мм} = 0,139 \text{ кН} \times \text{м}.$$

Тоді, враховуючи максимальне значення моменту (приведеного), знайдемо перетин стояка загальний

$$W = \frac{M_{нp \max}}{[\sigma_{-1}]} = \frac{139}{280 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Отже, виконані розрахунки дають змогу вибрати оптимальні параметри стояка культиваторної лапи з урахуванням необхідного запасу міцності, що забезпечує його надійну та ефективну роботу. Враховуючи отримані результати, доцільно прийняти стояк (див. рис. 3.8) з перерізом, який має ширину $a=32$ мм та висоту $h=70$ мм. Така конструкція дозволяє витримувати діючі навантаження та сприяє довговічності експлуатації робочого органу культиватора.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ [27]

Гідропривід культиватора-рослинопідживлювача спроектований відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема ДСТУ 2189-93 та ДСП 3.3.2.041-99. Для підключення гідросистеми сільськогосподарського агрегату до гідросистеми енергетичного засобу використовуються виключно розривні муфти, що мінімізують ризик витоку мастила під час з'єднання або роз'єднання, а також при випадковому розриві з'єднання. Всі робочі органи регулюються безпосередньо з кабіни енергетичного засобу, що підвищує рівень безпеки оператора та знижує ризик травматизму.

Конструкція культиватора-рослинопідживлювача розроблена таким чином, щоб не обмежувати оглядовість механізатора під час виконання технологічних операцій, пов'язаних із обробіткою ґрунту та внесенням агрохімічних засобів. Для безпечного доступу до робочого місця передбачені спеціальні підніжки та поручні, що сприяють зручному підйому та спуску оператора.

Усі важкодоступні вузли та механізми агрегату, що потребують регулярного технічного обслуговування, забезпечуються одноразовим змащенням на весь міжремонтний період. Точки змащення позначаються контрастними маркуваннями, що робить їх добре помітними на загальному фоні агрегату.

Культиватор-рослинопідживлювач комплектується додатковим інструментом, необхідним для виконання робіт у полі, що відсутній у стандартному наборі трактора. Для очищення робочих органів передбачені спеціальні скребки. Розташування всіх елементів агрегату забезпечує їх зручний та безпечний доступ для обслуговування та очищення.

Рівні шуму та вібрацій під час експлуатації знаходяться в межах встановлених санітарних норм, що запобігає негативному впливу на здоров'я оператора. Вібраційні навантаження на сидінні механізатора та робочій платформі відповідають встановленим стандартам безпеки.

При виборі кольору фарбування культиватора, необхідно дотримуватись таких вимог:

- Колір агрегату має контрастувати з природним фоном, щоб забезпечити його видимість у полі.
- Елементи, що знаходяться в полі зору механізатора під час роботи, фарбуються матовою фарбою для уникнення відблисків.

На корпусі агрегату розміщуються попереджувальні та заборонні знаки, що інформують про потенційні ризики та заборонені дії під час експлуатації.

Конструкція культиватора передбачає стійкість агрегату у відчепленому стані при навантаженнях до 200 Н. Для забезпечення стійкості у поздовжній площині та безпечного керування передбачений кронштейн із вантажами, що закріплюються на передній балці рами. Поперечна статична стійкість агрегату для міжрядного обробітку не повинна бути меншою за 30°.

Для безпечного транспортування агрегату дорогами загального користування, особливо в умовах недостатньої видимості, він обладнується світловідбивачами: білого кольору спереду та червоного кольору ззаду. Крім того, на задній частині агрегату з лівого боку розміщується знак обмеження максимальної транспортної швидкості.

Під час завантаження, ремонту або транспортування агрегату передбачені спеціальні петлі для стропування, які позначені контрастним кольором та відповідними знаками.

Процес експлуатації агрегату організований таким чином, щоб забезпечити можливість його використання одним механізатором. Зусилля, необхідне для натискання важелів регулювання глибини обробітку, не повинно перевищувати 200 Н. Усі схеми стропування та місця встановлення домкратів зазначені в експлуатаційній документації.

У кабіні трактора передбачено місце для розміщення первинних засобів пожежогасіння. Вогнегасники мають бути розташовані в легкодоступних місцях, що забезпечує можливість їх зняття без додаткових інструментів за 6–8 секунд. Агрегат комплектується 1 вогнегасником, марка ОП-5, санітарною лопатою, а також ємністю для води об'ємом 10 літрів, що кріпиться в кабіні трактора.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ [28]

У процесі виконання роботи було запропоновано вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1. Щоб оцінити економічну ефективність запропонованих удосконалень, було проведено аналіз доцільності міжрядного обробітку з одночасним підживленням посівів в умовах ТОВ "Агро-Ера" з оброблюваною площею 100 га. Роботи виконувалися за участю агрегату, що складається з трактора МТЗ-82 та вдосконаленого культиватора-рослинопідживлювача УСМК-8,1.

У ході інженерних розрахунків та експериментальних досліджень було внесено зміни до конструкції агрегату, які дозволяють адаптувати лапу (стрільчасту) для внутрішньо-ґрунтового внесення агрохімічних засобів у підлаповий простір. З метою визначення практичної ефективності впроваджених удосконалень проведено розрахунок економічної доцільності використання модернізованого агрегату в реальних польових умовах. Оцінка економічної ефективності здійснена відповідно до стандартної методики [29], а підсумкові результати наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Оцінка економічної ефективності впровадження міжрядного обробітку із локальним внесенням мінеральних добрив культиватором-рослинопідживлювачем УСМК-8,1

Показник	Од. виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+/-	%
1	2	3	4	5	6
Площа	га.	100	100	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	508,3	411,5	-96,8	-19,5
Продуктивність праці	га/зм.	20,02	24,8	+4,78	+23,9
Собівартість міжрядної культивації	грн.	28414,8	20387	-8027,8	-28,2
Собівартість 1 га культивації	грн./га	236,8	170,0	-66,8	-28,2
Річна економія	грн.		8027,8		
Річний економічний ефект	грн.		8627,8		

Результати аналізу підтвердили, що завдяки вдосконаленням продуктивність праці підвищується на 7,39 га/зміну, а витрати пального скорочуються до 0,92 кг/га. Це дозволяє знизити собівартість догляду за посівами з внесенням агрохімічних засобів до 8027,8 гривень. Окрім цього, відбулося загальне зменшення собівартості обробітку ґрунту (міжрядного): якщо до вдосконалень ця операція коштувала 236,8 грн/га, то після їх впровадження – лише 170 грн/га. Як наслідок, прогнозований річний економічний ефект становить 8627,8 грн.

Таким чином, проведені удосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача дозволяють зменшити витрати на проведення міжрядного обробітку ґрунту та отримати позитивний річний економічний ефект, що підтверджує їх доцільність і ефективність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи запропоновано вдосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювач УСМК-8,1, а саме в його конструкцію були внесені наступні зміни:

- змінено конструкцію стрільчастої лапи, що дозволило проводити внутрішньогрунтове підлапове внесення засобів агрохімії;

- змінено механізм регулювання копіювального колеса секції, що дозволило зробити регулювання глибини більш простим і точним.

Стрільчата лапа, яка встановлюється на кожній секції робочих органів під час догляду за посівами виконує основні функцію підрізання бур'яну і розпушення ґрунту у міжряддях культурних рослин. Вагомою перевагою запропонованої стрільчастої лапи є її дообладнання спеціальним пристосуванням, а саме – тукопроводу і пасивного призматичного ділильника, що в сукупності дозволяють реалізувати під час догляду за посівами локальний спосіб внесення в ґрунт засобів агрохімії, зокрема – гранульованих добрив.

З метою поліпшення копіювання рельєфу поля, незалежно від агрофону і забезпечення стабільності ходу за глибиною обґрунтовано збільшення діаметру копіювального колеса секції до 300 мм

Підтверджено, що найбільш поширені розкидні способи внесення добрив під час вирощування продукції рослинництва є не дуже ефективними, а широке впровадження у фермерських господарствах внутрішньо-грунтових способів внесення добрив обмежується через складність і недосконалістю окремих агрегатів і робочих органів для здійснення локального внесення добрив.

Для розподілу туків добрив у підлаповому просторі слід забезпечити такі параметри: початкову швидкість руху туків мінеральних добрив $V_{na} = 1,4 \dots 1,5$ м/с; кут нахилу пасивного призматичного ділильника добрив до горизонталі $\varphi = 60^\circ \dots 70^\circ$; кут між гранями призматичного ділильника $\theta = 75^\circ \dots 80^\circ$ та висота відбивання туків від дна борозни $h = 0,045 \dots 0,05$ м.

Результати економічного аналізу підтвердили, що завдяки вдосконаленням продуктивність праці підвищується на 7,39 га/зміну, а витрати пального

скорочуються до 0,92 кг/га. Це дозволяє знизити собівартість догляду за посівами з внесенням агрохімічних засобів до 8027,8 гривень. Окрім цього, відбулося загальне зменшення собівартості обробітку ґрунту (міжрядного): якщо до вдосконалення ця операція коштувала 236,8 грн/га, то після їх впровадження – лише 170 грн/га. Як наслідок, прогнозований річний економічний ефект становить 8627,8 грн.

Таким чином, проведені удосконалення конструкції культиватора-рослинопідживлювача дозволяють зменшити витрати на проведення міжрядного обробітку ґрунту та отримати позитивний річний економічний ефект, що підтверджує їх доцільність і ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. , Мартишко В.М. , Гуменюк Ю.О. – Київ : «Агроосвіта», 2017. – 180 с.
2. Машини для обробітку ґрунту та сівби: монографія / Шустік Л.П., Погорілий В.В., Гайдай Т.В., Степченко С.В., Сидоренко С.М., Лень О.С., Занько М.Д., Клочай О.Г., Зубко В.М.; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2022. - 427 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
4. Методика розробки операційної технології механізованих польових робіт/ Г. І. Барабаш, В. М. Зубко, О. Г. Барабаш, Т. В. Хворост. – Суми: ТОВ "Друкарський дім "Папірус", 2016. – 130 с.
5. Науково-технічне обґрунтування технології поліпшення біопотенціалу сільськогосподарських культур: монографія / Харченко С.О., Панкова О.В., Харченко Ф.М., Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Соколік С.П. – Харків: ФОП Панов А.М., 2023. – 157 с.
6. Технологічна блочно-варіантна система машиновикористання в землеробстві України: монографія. Частина 2/ М. П. Артьомов, В. І. Мельник, В. В. Качанов, С. О. Харченко, [та ін.] – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2022. - 192 с.
7. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.
8. Думич, В. Культиватори - рослинопідживлювачі [Текст] / В. Думич // The Ukrainian Farmer : Щомісячник. - 2017. - N 5. - С. 148-152
9. Зубко В.М. Теоретичні основи обґрунтування показників якості виконання механізованих технологічних процесів у рослинництві /В. М. Зубко,

// Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., Том 12, № 1-2 (2020). <http://dx.doi.org/10.31548/bio2020.01.012>.

10. Новохацький, М. Зміна біологічної врожайності гороху посівного та її структури під впливом різних систем обробітку ґрунту [Текст] / М. Новохацький, О. Ненужний // Техніка і технології АПК : Науково-виробничий журнал. - 2024. - N 3 . - С. 36-38.

11. Василенко М. О., Буслаєв Д. О. Тяговий опір культиваторних лап з поверхневим зміцненням при експлуатації ґрунтообробних машин. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 1, 177-182. DOI: 10.31548/machenergy.2020.01.177-182

12. Пастухов В.І., Зубко В.М. Дослідження зміни властивостей ґрунту і рослин у різні періоди виробничого процесу / В.І. Пастухов, В.М. Зубко // Вісник аграрної науки Причорномор'я, Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Вип. 1(105), 2020 – с. 94-101. <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7800>

13. Гончарук І.В., Гонтарук Я.В. Оцінка ефективності удобрення за схемами обґрунтованого та позакореневого їх застосування при вирощуванні сільськогосподарських культур. Бізнес Інформ. 2024. № 11. С. 170-176. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-11-170-176>.

14. Василенко М. О., Буслаєв Д. О. Зменшення тягового опору відновлених і зміцнених робочих органів при експлуатації. Науковотеоретичний журнал Національної академії аграрних наук України: Вісник аграрної науки. Київ, 2016. №9 С. 52– 55. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201609-10>

15. Думич, В. Позакоренеve підживлення з комплексом мікродобрив і стимуляторів росту [Текст] / В.В. Думич // Техніка і технології АПК : Науково-виробничий журнал. - 2024. - N 3 . - С. 39-42

16. Зубко В.М. Обґрунтування та вибір агромашин за обраними робочими органами/ В.М. Зубко, // Інженерія природокористування, №1(15), 2020. с. 36 – 43.

[https://doi.org/10.37700/enm.2020.1\(15\).36-43](https://doi.org/10.37700/enm.2020.1(15).36-43)<https://doi.org/10.20998/2078-6840.2021.2.05>.

17. Зубко В.М. Обґрунтування та вибір енергетичних засобів для агрегування агромашин/ Зубко В.М.// Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Автомобіле- та тракторобудування. 2021. № 2'2021. С. 46-53.
18. Войновський В. Обираємо культиватор-підживлювач [Електронний ресурс] // *Агроном.* – 2022. – Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/obyrayemo-kultyvator-pidzhyvlyuvach/>
19. Крамарьов С. М. Еволюція удосконалення прикореневого підживлення рослин кукурудзи [Електронний ресурс] // С.М. Крамарьов, Л.П. Бандура, А.В. Денисенко та інші. *Агроном.* – 2024. – Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/evolyutsiya-udoskonallynya-prykorenevogo-pidzhyvlennya-roslyn-kukurudzy/>
20. Wang, X., et al. (2024). Research on the application method of agricultural machinery engineering automation based on multimodal characteristics. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2137>
21. Zubko V., Sokolik S., Khvorost T., Melnyk V. Factors affecting quality of tillage with disc harrow. *Proceedings of 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, pp. 1193-1199.
22. A Review on Inter-row Crops Mechanical Weeder. Adewale Moses Sedara, Oluwadunsin Seun Sedara. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.3742298
23. Influence of Mechanical Weeding and Fertilisation on Perennial Weeds, Fungal Diseases, Soil Structure and Crop Yield in Organic Spring Cereals. Frøseth, R.B., et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 2020. DOI: 10.1080/09064710.2020.1728371.
24. Camera-guided Weed Hoeing in Winter Cereals with Narrow Row Distance. Griepentrog, H.W., et al. *Journal of Crop Health*, 2020. DOI: 10.1007/s10343-020-00523-5.

25. Самборський, Р. Все залежить від ширини і багатофункціональності: [технічні характеристики культиваторів] [Text] / Р. Самборський // Аграрний тиждень : Всеукраїнський діловий журнал. - 2014. - N 1/2. - С. 26-28.

26. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.

27. Курепін В. М., Горбунова К. М., Курепін В. М. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навч. посібник. – Миколаїв: МНАУ, 2020. – 266 с.

28. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О. Економіка аграрного підприємства: навч. посібник / за ред. О. М. Петриги, Т. І. Яворської. – Херсон: ХДАУ, 2020. – 352 с.

29. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013.– 535 с.