

Заклад вищої світи «Подільський державний університет»  
Інженерно-технічний факультет  
Кафедра агроінженерії і системотехніки  
імені Михайла САМОКИША

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
НА ТЕМУ:  
**„ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА  
ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР”**

**Виконав:**

здобувач освітнього ступеня „Магістр”  
освітньо-професійної програми  
„Агроінженерія” спеціальності 208  
„Агроінженерія” денної форми навчання

**Василь БУР’ЯН**

**Керівник:**

професор, заслужений  
працівник освіти України

**Анатолій РУДЬ**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_\_\_

«\_\_\_» грудня 2025 р.

**Допускається до захисту:**

„\_\_\_” грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми  
„Агроінженерія” спеціальності  
208 „Агроінженерія”, доцент

**Василь ДУГАНЕЦЬ**

## ЗМІСТ

	Стор.
ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	5
АНОТАЦІЯ.....	7
РЕФЕРАТ.....	8
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ТА СПЕЦИФІКИ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ.....	13
1.1. Технологічні регламенти вирощування просапних агрокультур...	13
1.2. Аналіз та систематизація сучасних конструктивних рішень міжрядних культиваторів .....	16
1.3. Передумови вибору напрямку дипломного проектування та його значущість.....	25
Підсумкові положення до першого розділу.....	29
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МОДИФІКОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА.....	31
2.1. Інженерні рішення щодо оновлення вузлів культиватора «КОР-4,2М».....	31
2.2. Інженерний аналіз і моделювання робочих характеристик культиватора призначеного для міжрядного обробітку .....	34
2.2.1. Моделювання та оптимізація робочих органів культиватора.	34
2.2.2. Створення модифікованих односторонніх полільних лап...	38
2.3. Розрахунок міцності вузла кріплення стояка робочого органу.....	41
2.4. Оцінювання тягових характеристик агрегату МТЗ-80 з оновленим КОР-4,2М.....	44

2.4.1. Механіка взаємодії ріжучої кромки лапи з ґрунтом.....	44
2.4.2. Обґрунтування раціональних режимів тягового навантаження трактора МТЗ-82.....	47
2.5. Розрахунок експлуатаційних параметрів модернізованого культиватора КОР-4,2М.....	52
Підсумкові положення до другого розділу.....	56
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА.....</b>	<b>58</b>
3.1. Вивчення параметрів тертя й опору лап культиватора.....	58
3.2. Аналіз роботи стрілочастих лап із криволінійною геометрією леза...	64
3.3. Моделювання напружено-деформованого стану держака лапи.....	70
3.4. Інтерпретація та оцінювання результатів проектування вузла тримача лапи.....	72
Підсумкові положення до третього розділу.....	75
<b>РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ДІЇ В УМОВАХ НЕСПРИЯТЛИВИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....</b>	<b>77</b>
4.1. Вимоги безпечної експлуатації культиватора КОР-4,2М під час польових робіт.....	77
4.2. Методи дезактивації сільськогосподарських машин після радіаційного забруднення.....	79
Підсумкові положення до четвертого розділу.....	81
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....</b>	<b>83</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>84</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>88</b>

## **ПЕРЕЛІК ПРЕЗЕНТАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ:**

1. Актуальність теми кваліфікаційної роботи
2. Мета роботи
3. Культиватори для міжрядного обробітку
4. Прополювальні робочі органи культиватора
5. Рихлячі робочі органи культиваторів
6. Борозноутворювані робочі органи культиваторів
7. Кріплення лап до рами культиватора
8. Розміщення робочих органів культиватора для міжрядного обробітку  
просапних культур
9. Проєкт стрільчастої лапи з хвостивиком культиватора
10. Схема дії сил на бур'яни культиваторною лапою
11. Культиваторна лапа з криволінійним лезом
12. Загальні висновки і пропозиції

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
Анатолій РУДЬ  
„ 4 ” квітня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти**  
**БУР'ЯНУ**  
**Василю Васильовичу**

**Тема роботи: „ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР ”**

**Керівник роботи:** професор, заслужений працівник освіти України  
Рудь Анатолій Володимирович

**Затверджено наказом** по Закладу вищої освіти ” Подільський державний університет ” від ” 4 ” квітня 2025 року № 355 с.

**Строк подання** закінченої дипломної роботи 2 грудня 2025 року.

**Вихідні дані до роботи:**

1. Науково-технічна література, авторські свідоцтва і патенти на винаходи робочих органів культиваторів, та установок для дослідження робочих органів культиваторів для міжрядного обробітку просапних культур.

2. Результати дослідження та випробування робочих органів культиваторів для міжрядного обробітку просапних культур.

3. Матеріали дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр».

**Зміст пояснювальної записки:**

**Вступ**

1. Аналітичне дослідження вимог та специфіки об'єкта розробки.  
2. Розроблення раціональних конструктивно-технологічних рішень для модифікованого культиватора.

3. Експериментальні дослідження робочих органів модернізованого культиватора.

4. Безпека праці та дії в умовах несприятливих та надзвичайних ситуацій  
Загальні висновки і пропозиції.

Список використаних джерел.

Додатки

## Перелік презентаційного матеріалу:

1. Актуальність теми кваліфікаційної роботи
2. Мета роботи
3. Культиватори для міжрядного обробітку
4. Прополувальні робочі органи культиватора
5. Рихлячі робочі органи культиваторів
6. Борозноутворювані робочі органи культиваторів
7. Кріплення лап до рами культиватора
8. Розміщення робочих органів культиватора для міжрядного обробітку  
просапних культур
9. Проєкт стрільчастої лапи з хвостивиком культиватора
10. Схема дії сил на бур'яни культиваторною лапою
11. Культиваторна лапа з криволінійним лезом
12. Загальні висновки і пропозиції

## Консультант розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль та захист прав інтелектуальної власності	Корчак М.М., доцент	04.04.25р.	04.04.25р

Дата видачі завдання 04 квітня 2025 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів дипломної роботи	Строк виконання	Підпис керівника
	Вступ	11.04.2025	
1	Аналітичне дослідження вимог та специфіки об'єкта розробки.	02.05.2025	
2	Розроблення раціональних конструктивно-технологічних рішень для модифікованого культиватора.	21.05.2025	
3	Експериментальні дослідження робочих органів модернізованого культиватора.	05.06.2025	
4	Безпека праці та дії в умовах несприятливих та надзвичайних ситуацій.	27.08.2025	
	Загальні висновки і пропозиції.	07.10.2025	
	Список використаних джерел.	12.11.2025	
	Додатки.	27.11.2025	

Здобувач вищої освіти

**Василь БУР'ЯН**

Керівник кваліфікаційної роботи, професор  
заслужений працівник освіти України

**Анатолій РУДЬ**

## **АНОТАЦІЯ**

У кваліфікаційній роботі студента БУР'ЯНА Василя Васильовича наведено обґрунтування технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності міжрядного обробітку просапних культур. Запропоновані робочі органи удосконаленої конструкції забезпечують покращену якість виконання технологічних операцій при догляді за цими культурами

## **ABSTRACT**

The thesis of student BUR'YAN Vasyl Vasylovych provides justification for technical solutions aimed at improving the efficiency of inter-row cultivation of row crops. The proposed working parts of the improved design ensure better quality of technological operations in the care of these crops.

## РЕФЕРАТ

Бур'ян Василь Васильович. Тема кваліфікаційної роботи: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів культиватора для міжрядного обробітку просапних культур». Кваліфікаційне дослідження на отримання ступеня магістра за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Робота виконана на 83 аркушах друкованого тексту, включає чотири розділи, які містять 27 рисунків, 64 формули і 5 таблиць. Список використаних джерел 87 включає найменування.

У кваліфікаційній роботі представлено варіант удосконалення основної конструкції навісного овочевого культиватора-рослинопідживлювача КОР-4,2. Цей агрегат використовується для догляду за посівами й посадками просапних культур на вирівняних площах і гребенях, їх формування, а також для поверхневого розпушування ґрунту з одночасним підрізанням бур'янів у міжряддях. Окрім того, він забезпечує присипання рослин ґрунтом з метою ліквідації бур'янів на грядках та дає змогу одночасно вносити мінеральні добрива.

Модифіковані робочі органи культиватора КОР-4,2М виконані у вигляді стрілочастих лап із хвостовиком та криволінійним лезом. На стояках стрілочастих лап закріплюються плоскорізні лапи-бритви, що формують крила. Завдяки такій конструкції культиватор придатний для міжрядного обробітку широкого спектра просапних культур.

**Ключові слова:** міжрядний обробіток, просапні культури, культиватор, робочі органи, лапи культиватора, стрілочаста лапа, ротаційний робочий орган, технологічні параметри, конструктивні параметри, глибина обробітку, ширина захвату, кут атаки, стійка робочого органа, енергоємність процесу, опір ґрунту, ґрунтова кірка, агротехнічні вимоги, стабільність ходу, точне землеробство, інтенсивність кришення ґрунту, збереження рослин, мінімізація пошкоджень рослин, тяговий опір.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ,  
СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ**

<b>Скорочення</b>	<b>Розшифровка скорочень</b>
$K_v$	Коефіцієнт вібраційного впливу робочого органу
$F_{gr}$	Сила опору ґрунту при поперечному зсуві, Н
$\alpha_w$	Кут встановлення робочої кромки лапи відносно горизонту, град
$\mu_r$	Коефіцієнт тертя між ґрунтом і поверхнею стояка
$Q_s$	Об'ємна пружність ґрунтового шару, Па
$t_b$	Період вібрацій робочого органу, с
$W_d$	Робоча деформація ґрунту під дією коливань, %
$C_r$	Коефіцієнт різання для стрілчастих лап, Н·м
$\beta_s$	Кут відхилення стояка від вертикалі, град
$H_r$	Глибина розпушеного шару після проходу культиватора, м
$A_b$	Амплітуда коливань пружного стояка, мм
$R_z$	Реактивний опір ґрунтового масиву при вертикальному зануренні, Н
$J_c$	Момент інерції поперечного перерізу стояка, м <sup>4</sup>
$k_{п}$	Коефіцієнт проникності ґрунту під навантаженням, м/с
$\sigma_g$	Напруження ґрунтового стиску в зоні дії лапи, МПа
$V_r$	Теоретична швидкість руху агрегата, м/с
$F_t$	Тягове зусилля, необхідне для розпушування, кН

## ВСТУП

Методи обробітку ґрунту та технології вирощування культур мають ключове значення при виборі засобів механізації, включно із технікою для передпосівної підготовки, догляду за посівами з урахуванням специфіки культур та збирання врожаю. Застосування цих машин, а також їх модернізація чи покращення конструкції робочих органів істотно залежать від поєднання ґрунтово-кліматичних умов і економічних факторів, що формують собівартість виробництва. Догляд за просапними культурами, особливо овочевими, потребує складніших знарядь і є більш затратним як за часом, так і за використанням ресурсів, зокрема паливно-мастильних матеріалів. Основними агрегатами для міжрядного обробітку є культиватори, робочі органи яких мають різні конструктивні форми. Під час їх проектування враховують специфіку вирощуваних культур, етапи їх розвитку, параметри міжрядь і захисних смуг, потребу в одночасному внесенні добрив, а також характеристики ґрунтово-кліматичних умов, тип і структуру ґрунту, його вологість, щільність та наявні види бур'янів.

Останніми роками спостерігаються істотні зміни кліматичних факторів: малосніжні зими, тривалі посухи навесні та влітку, високі температури влітку. Це зумовлює розширення площ із примусовим поливом, що, крім додаткових витрат, погіршує стан ґрунту – ущільнює верхній шар, сприяє утворенню кірки та інтенсивному випаровуванню вологи. Як наслідок, знижується родючість і врожайність, особливо овочевих культур та картоплі. Тому вдосконалення ґрунтообробних машин для догляду за посівами є актуальним завданням, яке розглядається у дипломній роботі.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи: за наявності сприятливої погоди та незначної забур'яненості кількість міжрядних проходів і глибину їх виконання можна скоротити за умови правильного добору ґрунтообробних агрегатів. Найчастіше для цих операцій застосовують просапні культиватори, які варто комплектувати різними типами робочих органів відповідно до параметрів захисної смуги та фаз росту культурних рослин. [9, 10, 13, 20, 23, 25, 27, 33, 34, 35].

У межах роботи запропоновано вдосконалення основної конструкції

навісного культиватора КОР-4,2, призначеного для обробітку овочевих культур на рівних ділянках і гребенях, зокрема для розпушування ґрунту, підрізання бур'янів міжряддями, присипання рослин для знищення небажаної рослинності та одночасного внесення мінеральних добрив. Удосконалені робочі органи культиватора КОР-4,2М виконані у вигляді стрілочастих лап із хвостовиком та криволінійним лезом. На їх стояках закріплюють плоскорізні лапи-бритви, що утворюють крила. Їх монтують у тримачах секцій базової конструкції та розміщують відповідно до ширини міжрядь, що дозволяє використовувати культиватор для різних культур у різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах.

**Мета дослідження** полягає у вивченні параметрів удосконаленого культиватора-рослинопідживлювача для міжрядного обробітку просапних культур, який забезпечує розпушування ґрунту та підрізання бур'янів у міжряддях і на гребенях.

Завдання кваліфікаційної роботи магістра:

- визначити агротехнічні вимоги до вирощування просапних культур;
- здійснити огляд конструктивних рішень культиваторів для міжрядного обробітку;
- провести аналіз конструкції КОР-4,2 з метою її вдосконалення;
- обґрунтувати запропоновані зміни в конструкції КОР-4,2;
- виконати розрахунок параметрів культиватора, зокрема стрілочастих та односторонніх лап;
- визначити міцність кріплення стояка лапи;
- розрахувати тяговий опір агрегату у складі трактора МТЗ-80 та КОР-4,2М;
- здійснити експлуатаційні розрахунки модифікованого культиватора КОР-4,2М;
- дослідити кути тертя культиваторних лап;
- провести аналіз стрілочастої лапи з криволінійним лезом;
- дослідити напружено-деформований стан тримача лапи та оцінити отримані результати;
- розробити правила безпеки під час роботи з культиватором КОР-4,2М;
- підготувати заходи з дезактивації техніки після радіоактивного

забруднення.

**Об'єктом дослідження** є конструктивні складові культиватора-рослинопідживлювача, призначеного для міжрядного обробітку культур, що вирощуються на гребнях.

**Предмет дослідження.** Конструктивні, силові та енергетичні розрахунки, а також оцінка міцності елементів удосконаленого культиватора-рослинопідживлювача.

**Методи дослідження.** Теоретико-емпіричний підхід, використання теорії міцності, графічні та порівняльні методи, математичне моделювання.

**Наукова новизна.** Підтверджено можливість застосування удосконаленого культиватора-рослинопідживлювача з новими робочими органами, що забезпечує якісний міжрядний обробіток культур, вирощуваних на гребнях.

**Практичне значення.** Застосування удосконаленого культиватора-рослинопідживлювача дає змогу підвищити якість міжрядного та гребеневого обробітку ґрунту, зменшити засміченість посівів, покращити його структуру й забезпечити оптимальні умови для розвитку культурних рослин. Використання лап із криволінійним лезом сприяє поліпшенню агротехнічних показників: зниженню налипання та намотування рослинних решток, ефективнішому самоочищенню, вищій стійкості, меншому зношуванню та скороченню витрат пального. Культиватор може ефективно працювати на різних ґрунтах у будь-яких кліматичних регіонах України.

**Апробація результатів дослідження.** Окремі напрацювання дослідження були представлені та обговорені на науково-технічній конференції молодих учених і студентів «Перші наукові кроки – 2025», а також додатково проаналізовані на засіданні кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша інженерно-технічного факультету Подільського державного університету.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ТА СПЕЦИФІКИ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ

## 1.1. Технологічні регламенти вирощування просапних агрокультур

Досягнення стабільно високих урожаїв картоплі значною мірою залежить від своєчасного та якісного догляду за насадженнями. Період від висаджування бульб до появи перших паростків визначається переважно кліматичними умовами та якістю підготовки посадкового матеріалу. Тривалість цього процесу може коливатися від двох-трьох тижнів до місяця і більше, що робить його довшим порівняно з іншими культурами.

Ефективне знищення бур'янів на картопляних плантаціях потребує проведення обробітків як у досходовий період, так і після появи сходів. Вибір технічних засобів та методів догляду здійснюється з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, складу та стану ґрунту, способу садіння, рівня забур'яненості та погодних факторів.

При мілкому висаджуванні бульб у попередньо сформовані гребені можливе багаторазове підсипання ґрунту шаром 2–3 см. Після завершення фінального підсипання висота гребенів сягає 17–19 см, що створює оптимальні умови для формування врожаю. У процесі догляду виконують 2–3 міжрядні обробітки до появи сходів і стільки ж після їх проростання [3, 10, 11, 13, 22, 23, 24, 26].

При застосуванні сітчастих борін у досходових обробітках необхідно враховувати глибину загортання бульб. За умов мілкого садіння перший обробіток проводять бороною, перевернутою робочою стороною, із зубцями довжиною 3–4 см, щоб уникнути вигортання бульб.

Для культиваторів КОН-2,8М під час підготовки до роботи сітчасті борони монтують із перекосом 20 см відносно осі руху агрегату. Це забезпечує відстань між слідами зубів не більше ніж 1,5 см і дозволяє рівномірно обробити ґрунт. У випадку утворення щільної кірки на гребенях її додатково розпушують посівними борінками БП-0,6А.

Для якісного розпушення ґрунту, що використовується при формуванні картопляних гребенів, застосовуються ротаційні борони типу БРУ-0,7. Конструкція цих агрегатів передбачає можливість регулювання робочих параметрів:

- кут атаки у діапазоні від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ ;
- нахил осі від  $0^\circ$  до  $15^\circ$ .

Такі налаштування забезпечують адаптацію борін до різних профілів гребенів та дозволяють підтримувати стабільну якість обробітку.

На ділянках із надмірною вологістю високу продуктивність демонструють комбіновані ґрунтообробні агрегати, що включають ротаційні борони БРУ-0,7 та більш потужні моделі БРГ-1,4 [3, 10, 11, 13, 22, 23, 24, 26]. Важливою конструктивною особливістю цих борін є оснащення кільцями-очисниками, які забезпечують самоочищення робочих органів, запобігаючи налипанню ґрунту та зберігаючи ефективність роботи навіть у складних умовах.

Технологія вирощування картоплі передбачає формування гребенів трапецієподібної форми з оптимальною висотою 16–18 см. Така геометрія гарантує розташування бульб у межах гребеня та їх захист шаром розпушеного ґрунту. Це створює сприятливі умови для росту рослин, а також значно покращує якість роботи картоплезбиральних комбайнів: на транспортери потрапляє менший обсяг ущільненого ґрунту, що знижує ризик пошкодження бульб і підвищує продуктивність техніки.

Обробку ґрунту рекомендується починати з невеликої глибини. Перший обробіток слід проводити на глибину 7–10 см, а надалі при кожній наступній операції розпушування глибину слід поступово збільшувати. Необхідно суворо уникати надмірного заглиблення вже на перших етапах, оскільки це може призвести до підняття на поверхню великих, твердих брил із нижніх, більш вологих шарів ґрунту, що є небажаним. При виконанні цих робіт обов'язково дотримується ширина захисної смуги, яка залишається нерозпушеною і становить 15 см [3, 10, 11, 13, 22, 23, 24, 26].

З метою захисту цілісності гребенів та запобігання пошкодженню ніжних паростків чи бульб, які можуть бути порушені традиційними інструментами, на

культиваторах замість класичних стрілчастих лап встановлюються лапи-підгортачі. Ці лапи оснащені регульованими відкрilками, що дозволяє контролювати процес формування гребеня. Для досягнення найвищої якості обробки та створення ідеального профілю застосовуються комбіновані робочі органи, що ефективно поєднують дискові підгортачі з секціями ротаційної борони БРУ-0,7.

Високу ефективність у догляді за картоплею демонструє фрезерний культиватор КГФ-2,8. Згідно з рекомендаціями, перший досходовий обробіток цим агрегатом виконується орієнтовно на сьомий день після садіння. Далі проводиться ще 2–3 додаткові обробки до появи сходів, а після їхньої появи — ще два обробітки. Важливою умовою є заборона роботи цим культиватором на перезволожених ґрунтах, оскільки це може призвести до забивання робочих органів та погіршення структури ґрунту.

Підгортання є одним із найдієвіших агротехнічних прийомів для боротьби з бур'янами, особливо тими, що ростуть безпосередньо у рядках картоплі. Для проведення підгортання застосовують спеціалізовані культиватори та розпушувачі. Як робочі органи можуть використовуватися лапи-підгортачі, дискові підгортачі або секції ротаційної борони БРУ-0,7, при цьому з останньої знімається циліндрична частина. Завершальне підгортання виконується на етапі, коли висота рослин картоплі досягає 20–25 см, що зазвичай відповідає часу безпосередньо перед початком бутонізації.

Щоб зменшити ущільнення ґрунту в гребенях протягом усього періоду вирощування, використовують трактори з вузькими колесами або гусеничні машини.

Догляд за картоплею здійснюють лише за фізичної стиглості ґрунту. Боротьба з бур'янами є обов'язковою умовою отримання високих урожаїв, адже на засмічених ділянках ефективність добрив та якісного садивного матеріалу значно знижується.

Основна роль у контролі бур'янів належить агротехнічним заходам — правильному чергуванню культур у сівозміні та механізованому догляду за картоплею.

Найвищої результативності у боротьбі з бур'янами можна досягти через інтегрований підхід, який поєднує використання хімічних засобів (гербіцидів) із належними агротехнічними прийомами. Ефективність внесених гербіцидів залежить від багатьох умов, серед яких якість підготовки ґрунту відіграє вирішальну роль. На ґрунті, що був ретельно оброблений та вирівняний, препарати рівномірніше розподіляються по верхньому шару, забезпечуючи максимальну дію [3, 10,11, 13, 22, 23, 24, 26].

При застосуванні ґрунтових гербіцидів необхідно брати до уваги механічний склад ґрунту та вміст органічної речовини (гумусу). Ці фактори впливають на зв'язування та доступність препаратів. Зокрема, на легких ґрунтах (піщаних або супіщаних) існує ризик швидкого вимивання, тому норми внесення гербіцидів слід зменшувати для уникнення фітотоксичності для культурних рослин.

Обробка бур'янів у літньо-осінній період є стратегічно важливою. В цей час бур'яни активно накопичують поживні речовини (асимілянти) та переміщують їх до своїх кореневих систем. Завдяки цьому гербіциди краще та швидше проникають усередину рослин і транспортуються по всій судинній системі. Така системна дія призводить до виснаження підземних органів та загибелі багаторічних бур'янів.

## **1.2. Аналіз та систематизація сучасних конструктивних рішень міжрядних культиваторів**

Міжрядні культиватори для догляду за просапними культурами повинні мати систему підвіски робочих секцій на основі паралелограмного механізму. Така конструкція забезпечує точне копіювання мікрорельєфу поверхні поля та стабільне утримання глибини обробітку з максимально допустимим відхиленням  $\pm 1$  мм. Використання шарнірних вузлів у цьому механізмі, що є типовим для більшості сучасних машин, гарантує високу агротехнічну якість роботи, адже дозволяє витримувати необхідні параметри обробки навіть за інтенсивних режимів руху. Найбільш ефективна робота досягається при підвищених швидкостях.

Комплектація культиваторів визначається культурою, умовами ґрунту та клімату, а також рівнем засміченості поля. У практиці застосовують

прополювальні, розпушувальні та спеціалізовані робочі органи, а для картоплі додатково використовують підгортачі [2, 16, 18, 19].

До прополювальних елементів належать односторонні плоскорізальні лапи, стрілчасті плоскорізальні та стрілчасті універсальні лапи.

Односторонні плоскорізальні лапи (рисунок 1.1а) виготовляються у правому та лівому виконанні, мають захват шириною 85–250 мм. Леза заточуються під кутом 8–10° при товщині ріжучої крайки не більше 0,5 мм. У роботі вони зрізають бур'яни та водночас частково розпушують ґрунт [2, 16, 18, 19].

Стрілчасті плоскорізальні лапи (рисунок 1.1в) характеризуються шириною захвату 145–250 мм. Лезо кріпиться до стійки та має двосторонню ріжучу крайку з кутом між лезами  $2\gamma = 60-70^\circ$ . Нахил до дна борозни становить  $\beta = 15-18^\circ$ , що забезпечує слабе кришіння ґрунту. Робоча глибина становить 4–8 см.

Стрілчасті універсальні лапи (рисунок 1.1б) мають більший кут нахилу  $\beta = 25-30^\circ$ , що дозволяє поєднувати зрізання бур'янів із активним розпушуванням ґрунту. Виготовляються з кутом  $2\gamma = 60-65^\circ$  та шириною захвату 220–385 мм.

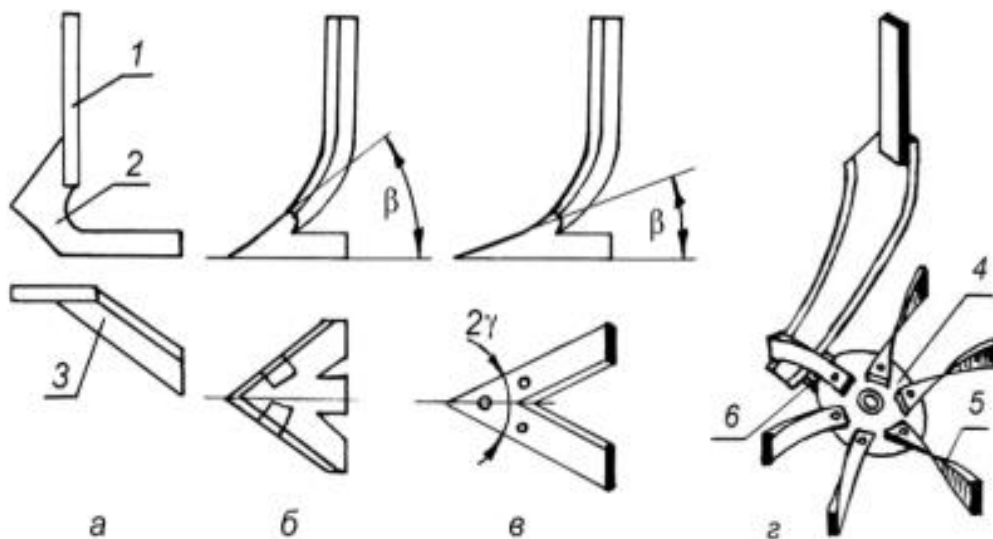


Рисунок 1.1 - Прополювальні робочі органи

- а - одностороння плоскоріжуча лапа; б - стрілчаста універсальна лапа;  
в - стрілчаста плоскоріжуча лапа; г - прополювальні диски;  
1 - стійка; 2 - щока; 3 - лезо; 4 - диск; 5 - ніж; 6 - кронштейн.

Прополювальні диски (рисунок 1.1г) застосовують для обробки захисних зон у випадках, коли надземна маса культурних рослин сформована настільки, що потребує делікатного втручання без пошкодження листя.



До підгортаючих робочих органів належать лапи-підгортачі та сферичні диски. Серед них особливе місце займає підгортач зі стрілкою лапою (рисунок 1.3б), який складається зі стійки, двосторонньої полиці з гратчастими крилами та носка у формі стрілкою лапи. Подібну конструкцію має й підгортач на С-подібній стійці (рисунок 1.3г), що оснащений прутковою полицею, яка виконує аналогічні функції.

Використання підгортачів на пружинних стійках дозволяє значно знизити ризик пошкодження полиць під час роботи на ділянках із кам'янистим ґрунтом. Подібні конструктивні рішення реалізовані у культиваторах типу КОР-4,2.

Дискові підгортачі (рисунок 1.3в) також застосовуються на цьому агрегаті для роботи на кам'янистих полях у поєднанні з універсальною стрілкою лапою, встановленою попереду. Їх конструкція включає сферичний диск 6, закріплений через вісь у маточині 7 на підшипниках кочення. До маточини приєднаний сектор 8, на якому фіксується стійка 9. Завдяки можливості зміни положення стійки по сектору регулюється кут нахилу диска у вертикальній площині та висота гребеня, що формується під час роботи.

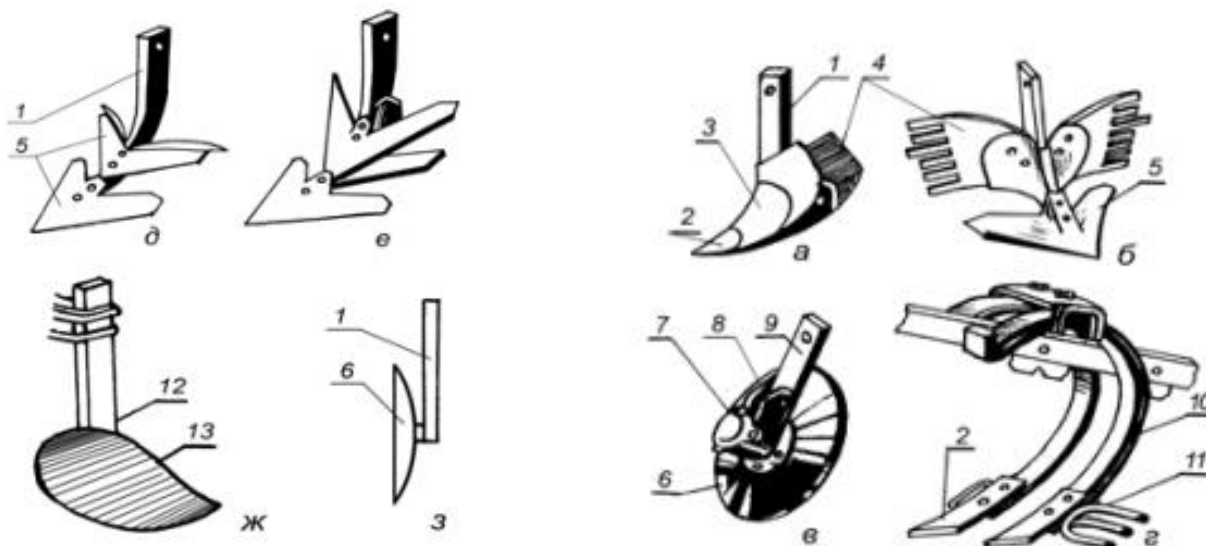


Рисунок 1.3 - Борозноутворювальні робочі органи

а - підгортач з циліндричною робочою поверхнею; б - підгортач із стрілкою лапою; в - дисковий підгортач; г - прутковий підгортач; д, е - двох- і трьохярусний підгортач; ж - лапа- підгортач; з - сферичний диск;

1, 9, 10, 12 - стійка; 2 - носок; 3, 11, 13 - полиця; 4 - крило; 5 - стрілочка лапа;

6 - диск; 7 - маточина; 8 - сектор









напрямку руху. Під час роботи коток, рухаючись у зоні захисту, зминає та травмує стебла бур'янів, що значно знижує їх життєздатність.

Конструкція агрегату включає раму культиватора 1, опорні колеса 2 зі стійками 3, гряділь 4 зі стрілкою лапою 5 та лапами-полицями 6. На рамі закріплені кронштейни 7, які можна переміщати у поперечному напрямку. До них приєднаний важіль 8, нижній кінець якого оснащений котком 9, а верхній підтримується пружиною 10. Сила тиску котка на ґрунт регулюється за допомогою пружини та гвинта 11.

Ширина обода котка відповідає ширині захисної зони, а ріжучі пластини 12, встановлені під кутом до напрямку руху, забезпечують додаткове пошкодження бур'янів. Експериментальне застосування цього пристрою показало, що кількість малорічних бур'янів зменшується до одного на квадратний метр, тоді як при використанні традиційних методів їх залишалося близько чотирьох.

«Авторське свідоцтво № 1424750» (рисунок 1.8) описує інший пристрій, призначений для ліквідації бур'янів безпосередньо у рядках культурних рослин.

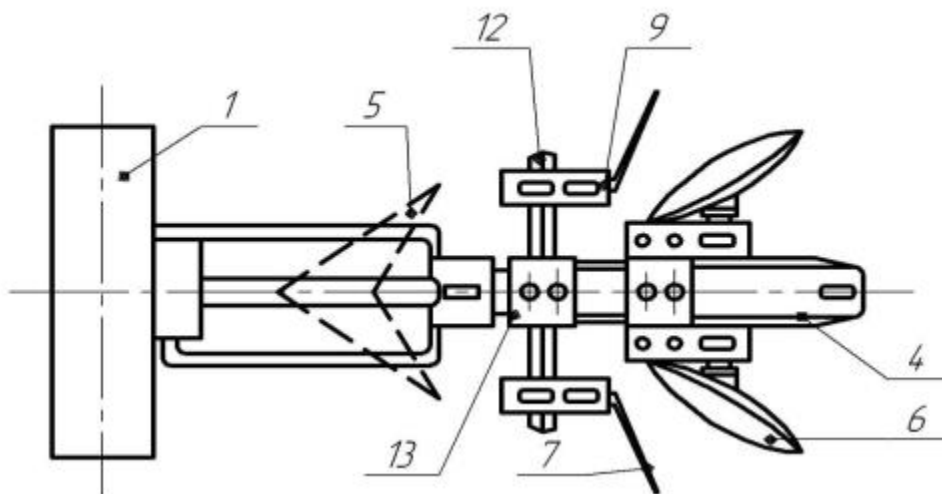


Рисунок 1.8. Робоча секція авторське свідоцтво №1424750

Призначення даного технічного рішення полягає у забезпеченні більшої щільності ґрунту та підвищенні ефективності знищення бур'янів у рядках культурних рослин. Конструкція пристрою включає раму 1, на якій закріплено плоскорізальний робочий орган 5, пружні елементи 7 та загортачі 6, розташовані позаду. Пружні елементи встановлюються зі зміщенням, що дорівнює половині ширини захвату плоскоріза, у поперечному напрямку. Під час руху вони згинають

бур'яни, нахилиючи їх до поверхні ґрунту, після чого загортачі присипають їх землею.

Регулювання висоти пружних елементів здійснюється за допомогою кронштейнів 8, які закріплюються у тримачах 9 гвинтами 10. Тримачі фіксуються скобами 11 на поперечній штанзі 12, що дозволяє переміщати їх уздовж штанги. Штанга разом із призмою 13 встановлюється на гряділь 4 з можливістю поздовжнього регулювання. Жорсткість пластин пружних елементів підбирається таким чином, щоб забезпечити ефективне нахилення бур'янів.

У процесі роботи плоскорізальний орган зрізає бур'яни в міжряддях, пружні елементи нахилиють рослини у захисних зонах, а дискові загортачі засипають їх ґрунтом. Культурні рослини залишаються неушкодженими завдяки більшій міцності їхніх стебел у порівнянні зі стеблами бур'янів.

### **1.3. Передумови вибору напряму дипломного проєктування та його значущість**

Ефективне вирощування просапних культур неможливе без систематичного догляду за міжряддями, адже саме там найчастіше накопичуються бур'яни та формується ущільнений ґрунтовий шар. Завдання агротехнічних операцій полягає у створенні сприятливих умов для росту рослин: підтриманні пухкої структури ґрунту, збереженні вологи та знищенні небажаної рослинності.

На вибір кількості та глибини міжрядних розпушувань впливають різні чинники: біологічні властивості культур, швидкість їх розвитку, тривалість вегетації, спосіб висіву, ширина міжрядь, рівень забур'яненості, кліматичні умови та фізичні характеристики ґрунту. Особливо важливим є уникнення надмірного заглиблення робочих органів, адже це може призвести до втрати вологи та пошкодження кореневої системи, що негативно позначається на врожайності.

Система основного обробітку ґрунту для кожної культури формується з урахуванням попередника, строків його збирання, внесення добрив та рівня засміченості поля. За достатнього зволоження та масової появи бур'янів доцільно застосовувати глибоку полицеву оранку, тоді як в інших випадках ефективним є плоскорізний обробіток.





У процесі експлуатації секційні колеса культиватора рухаються вздовж міжрядь, що дозволяє утримувати стабільну глибину обробітку незалежно від рельєфу поверхні. Робоча ширина захвату машини становить 4,2 м, а продуктивність при швидкості до 9 км/год сягає 3,78 га за годину чистої роботи. Глибина обробітку варіюється залежно від типу робочих органів: польові лапи працюють на рівні 5–12 см, розпушувальні – 10–16 см, а ножі для підживлення здатні проникати до 16 см. Загальна маса агрегату складає 1033 кг, а при використанні туковисівного обладнання додається ще 236 кг. Культиватор сумісний із тракторами серії МТЗ-80/82.

Модернізована версія КОР-4,2М передбачає використання робочих органів, що відповідають сучасним агротехнічним вимогам. Вони монтуються у тримачі секцій базової конструкції та розташовуються відповідно до ширини міжрядь. Комплектація включає сім секцій, серед яких: 12 зубів; 12 стійок із лапами шириною 165 мм; 7 стійок із лапами шириною 220 мм; 4 стійки з лапами шириною 330 мм; 14 стійок із лапами шириною 270 мм; 12 лап-полиць; корпуси для формування гребенів; а також додатковий комплект для міжрядь шириною 45 см.

У роботі крила, встановлені по ширині захвату, забезпечують регулювання глибини та кута атаки відповідно до фаз розвитку культурних рослин. Це дозволяє ефективно підрізати бур'яни на схилах гребенів та якісно розпушувати міжряддя. Завдяки такій комплектації культиватор може використовуватися для догляду за широким спектром просапних культур.

Запропоновані конструктивні зміни потребують підтвердження шляхом проведення міцнісних і конструктивних розрахунків, а також обґрунтування економічної доцільності розробки. Окремо слід передбачити заходи з охорони праці, що гарантуватимуть безпечну експлуатацію модернізованого агрегату.

## Підсумкові положення до першого розділу

Агротехнічний догляд за просапними культурами, зокрема овочевими, вимагає застосування більш складних і спеціалізованих машин, що робить процес трудомістким та ресурсозатратним. Значні витрати часу та використання паливно-мастильних матеріалів є характерною особливістю цього виду робіт.

У випадку картоплі вирішальним чинником формування високої врожайності є своєчасне та якісне виконання всіх операцій з догляду за посівами. На відміну від інших культур, тривалість періоду до появи сходів у картоплі залежить від комплексу факторів: погодних умов, рівня підготовки бульб до висаджування та технології садіння. Цей етап може тривати від двох-трьох тижнів до місяця і більше, що потребує особливої уваги до організації польових робіт та використання відповідних технічних засобів.

Ефективна боротьба з бур'янами на картопляних полях потребує проведення своєчасних досходових і післясходових обробітків. Вибір техніки та методів догляду здійснюється з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, механічного складу та фізичного стану ґрунту, способу садіння, рівня забур'яненості та інших чинників.

Кількість, глибина та строки міжрядних розпушувань залежать від біологічних особливостей культурних рослин, швидкості їх росту, тривалості вегетаційного періоду, способу сівби, ширини міжрядь, характеру забур'яненості, кліматичних умов та властивостей ґрунту, зокрема його щільності у період вегетації.

Організація системи основного обробітку ґрунту для кожної культури повинна враховувати комплекс агротехнічних чинників: строки збирання попередника, рівень засміченості поля та внесення добрив. У випадку просапних культур після внесення добрив і масової появи бур'янів найбільш ефективним є проведення глибокої полицевої оранки за умови достатнього зволоження ґрунту. Якщо ж умови не дозволяють застосувати цей метод, використовують альтернативні технології, зокрема плоскорізний обробіток, що забезпечує збереження вологи та зменшує енергозатрати.

Культиватор, оснащений відповідною комплектацією робочих органів, здатний виконувати широкий спектр операцій з догляду за різними видами

просапних культур, адаптуючись до їхніх біологічних особливостей та умов вирощування.

Запропоновані конструктивні зміни потребують підтвердження шляхом проведення інженерних і міцнісних розрахунків, а також обґрунтування їхньої доцільності з точки зору ефективності та економічних витрат. Окремо слід розробити комплекс заходів з охорони праці, що забезпечуватиме безпечну експлуатацію модернізованого культиватора у виробничих умовах.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МОДИФІКОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА

### 2.1. Інженерні рішення щодо оновлення вузлів культиватора «КОР-4,2М»

У стандартному виконанні культиватор КОР-4,2М (рис. 1.9) обладнаний сімома секціями робочих органів, що забезпечують широкий спектр агротехнічних операцій. До комплектації входять: 12 зубів; 12 стійок із лапами захватом 165 мм; 7 стійок із лапами шириною 220 мм; 4 стійки з лапами 330 мм; 14 стійок із лапами 270 мм; 12 лап-полиць; корпуси для формування гребенів, а також додатковий комплект для міжрядь шириною 45 см.

Завдяки такому оснащенню агрегат придатний для догляду за овочевими культурами як на рівних ділянках, так і на гребнях. Він виконує розпушування ґрунту, одночасно підрізаючи бур'яни у міжряддях, забезпечує присипання рослин ґрунтом для знищення бур'янів у захисних зонах та може використовуватися для внесення мінеральних добрив. Таким чином, КОР-4,2М поєднує функції культивації, боротьби з бур'янами та удобрення, що робить його універсальним засобом для комплексного догляду за посівами.

У конструктивній частині дипломної роботи запропоновано вдосконалити базову модель культиватора, обладнавши її робочими органами для міжрядного обробітку просапних культур із можливістю використання на різних етапах їх росту та розвитку.

Монтаж удосконалених робочих органів здійснюється у тримачах секцій із дотриманням заданої ширини міжрядь, що забезпечує відповідність агротехнічним вимогам [2, 16]. Основні критерії їхньої роботи можна сформулювати так:

- Захисні зони культурних рослин. Під час прополювання необхідно витримувати ширину захисної смуги ( $a = 8 \dots 16$  см) (рисунки 2.1 і 2.2), а при розпушуванні міжрядь – ( $a = 10 \dots 25$  см). Це дозволяє уникнути пошкодження рослин, враховуючи їхній вік та рельєф поля.

- Перекриття зон деформації ґрунту. Для долотоподібних лап воно має становити 3–5 см, що гарантує рівномірне розпушування.

- Відстань між робочими органами. Мінімальний проміжок між лезом однієї лапи та найближчою точкою іншої повинен бути не меншим за 3 см, щоб запобігти забиванню зрізаними бур'янами.

- Перекриття сусідніх проходів. Для полільних лап показник ( $\Delta b$ ) має становити не менше 3–5 см, що забезпечує повне підрізання бур'янів та якісне розпушування ґрунту.

- Розташування долотоподібних лап. Їх встановлюють уздовж гряділя на максимально можливій відстані одна від одної, щоб уникнути волочіння ґрунту.

- Комплектація прополювальних борінок. Кількість зубів залежить від місця роботи: у міжряддях застосовується схема 2+2+5, а в захисній зоні – 2+2+2 [2, 16].

Таким чином, удосконалені робочі органи забезпечують точне дотримання агротехнічних норм, оптимальне розпушування ґрунту та ефективне знищення бур'янів без шкоди для культурних рослин.

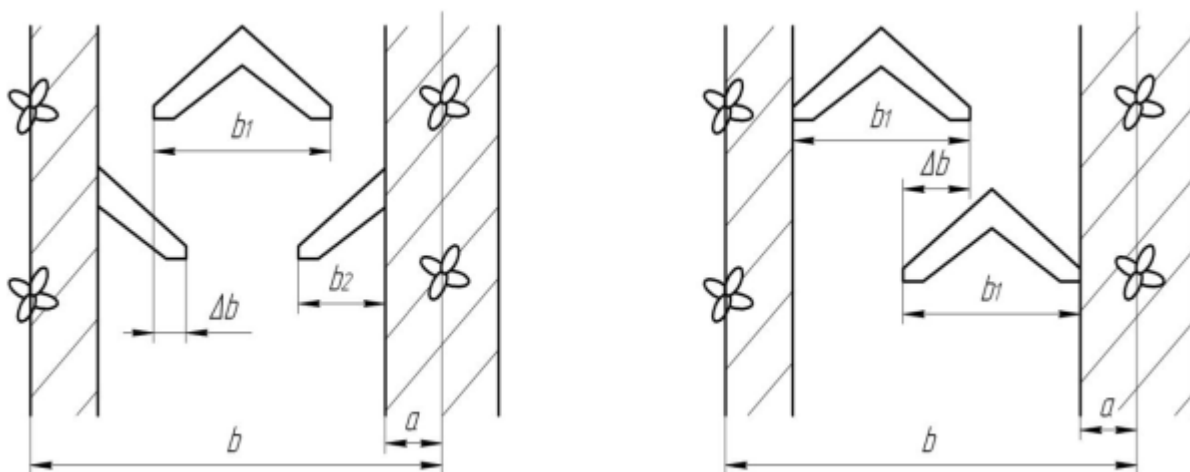


Рисунок 2.1 - Схема розміщення робочих органів культиватора КОР-4,2М

На схемі (див. рис. 2.2) зображено: а) підрізання бур'янів і розпушування ґрунту; б) глибоке розпушування ґрунту та підрізання бур'янів; в) глибоке розпушування ґрунту; г) підгортання; д) глибоке розпушування ґрунту з внесенням добрив і підгортанням; е) боронування; є) присипання бур'янів у захисній зоні; ж) підрізанням бур'янів і розпушуванням захисної зони;



Крила встановлені на стійці з можливістю регулювання кута атаки через тримач, на якому по колу розміщені отвори. Фіксація лез у цих отворах здійснюється гвинтом. Кут нахилу крил відповідає нахилу гребеня.

Під час роботи культиватора крила, виставлені на потрібну ширину захвату, глибину та кут атаки відповідно до фаз росту культурних рослин, забезпечують зрізання бур'янів на схилах гребенів і розпушування ґрунту в міжряддях

Культиватор з такими робочими органами може використовуватись для обробітку різних просапних культур.

## **2.2. Інженерні розрахунки конструктивних параметрів культиватора для міжрядного обробітку**

### **2.2.1. Моделювання та оптимізація робочих органів культиватора**

У конструкції культиваторів для суцільного обробітку ґрунту застосовують два основні типи робочих органів – полільні та розпушувальні лапи. Полільні лапи виконують функцію горизонтального підрізання кореневої системи бур'янів, що забезпечує їх ефективне знищення.

У просапних культиваторах-розпушувачах головним робочим елементом є стрілчасті лапи. Їхні геометричні параметри та форма (рисунки 2.3, 2.4) визначаються комплексом характеристик:

- кутами розхилу ( $2\gamma$ ) та кришіння ( $\beta$ );
- шириною захвату ( $b$ );
- початковою шириною ( $b_1$ ) та кінцевою шириною ( $b_2$ ) крила лапи;
- конфігурацією грудей лапи, що задається кутами ( $2Q$ ) та ( $a$ ).

При проектуванні стрілчастих лап для міжрядного обробітку культиватором КОР-4,2М, який удосконалюється у дипломній роботі, параметри визначаються шляхом побудови бокової проекції та плану (рисунок 2.4). Якщо значення кута ( $a$ ) є занадто малим, виникає проблема невідповідності нахилу прямої АК (див. рис. 2.3) профілю хвостовика та стійки лапи. Це ускладнює правильне розташування гайок гвинтів, що кріплять лапи до стійок.

Вибір кута ( $u$ ) має забезпечувати ковзне різання бур'янів: корені повинні зісковзувати вздовж леза. Якщо ця умова не дотримується, відбувається обмотування лез – непідрізані стебла та корені затримуються силами тертя, накопичуються на крилах і знижують ефективність роботи лап, аж до їх виходу з ґрунту [2, 9, 16, 18].

Підвищення підйому грудей лап досягається завдяки правильному вибору форми їхнього перерізу та хвостовика. Це можна показати на прикладі конструювання лап для КОР-4,2: переріз виконують по нормалях до кривої АК1СD через точки Е, К1 і С (рисунок 2.4). Точку Е приймають на відстані  $1/3$  від носка лапи (точка А), а положення точки С визначають залежно від розмірів хвостовика. Кут ( $Q_1$ ) у перерізах 1–1 та 2–2 (див. рис. 2.4) встановлюють графічним або аналітичним методом [2, 9, 16, 18].

Таким чином, правильний вибір геометрії стрілчастих лап є критично важливим для забезпечення якісного міжрядного обробітку та стабільної роботи культиватора КОР-4,2М.

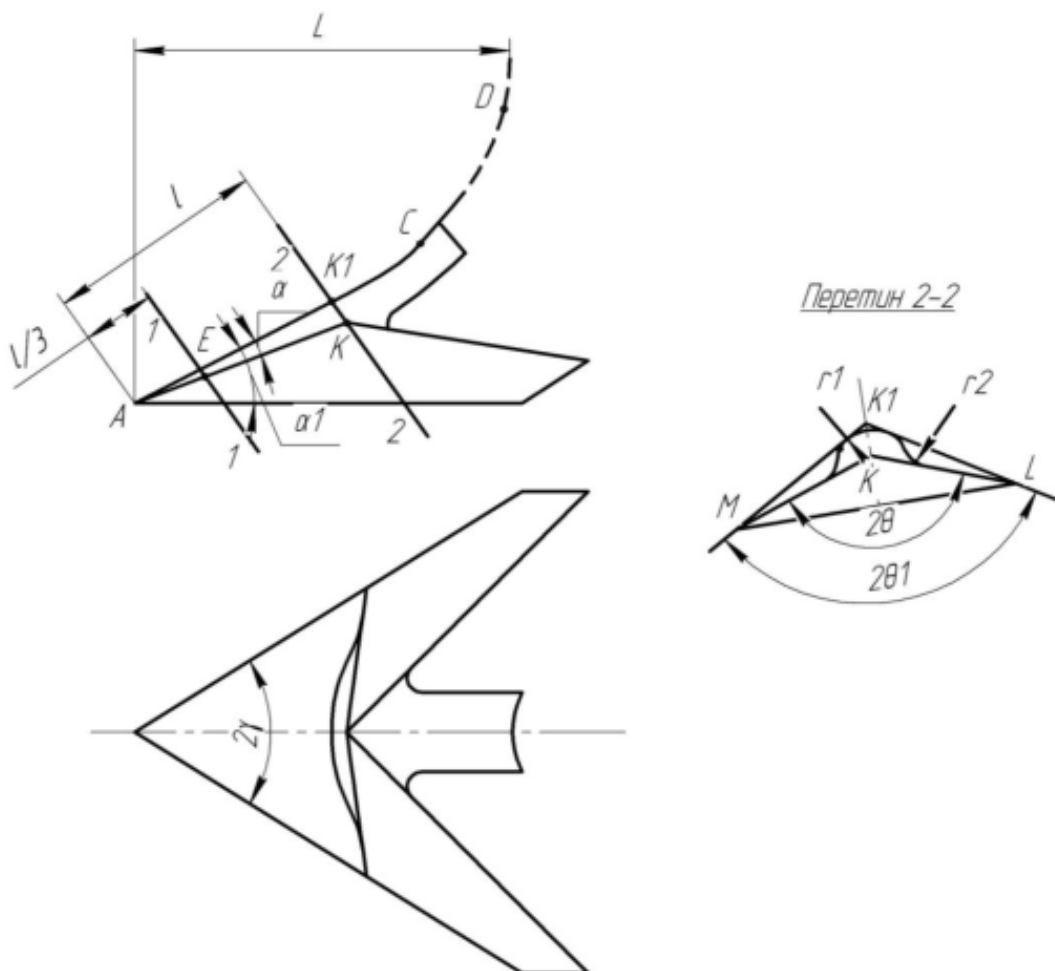


Рисунок 2.3 - Схема побудови проєкції стрілчастої лапи з хвостовиком





Наступним етапом є побудова розгортки хвостовика лапи. Від точки 11 на осьовій лінії відкладають відрізок, що дорівнює довжині хвостовика, отримуючи точку 17. Через неї проводять перпендикуляр до осі й відкладають довжину дуги перерізу хвостовика. Носок лапи та гострі кути розгортки остаточно оформлюють за допомогою відповідних радіусів заокруглення, що забезпечує плавність переходів і зменшує концентрацію напружень у конструкції.

Таким чином, побудова розгортки дозволяє отримати точну геометрію стрілкової лапи та хвостовика, що є необхідною умовою для її ефективної роботи й довговічності у складі культиватора КОР-4,2.

### **2.2.2. Створення модифікованих односторонніх полільних лап**

У процесі проектування односторонніх полільних лап для культиватора КОР-4,2М необхідно враховувати комплекс геометричних та конструктивних параметрів, що визначають якість їхньої роботи та довговічність. До основних належать:

- Кут нахилу леза щитка до горизонтальної площини ( $\psi$ ) – впливає на характер різання та стійкість лапи у ґрунті.

- Кут скосу леза полиці ( $\epsilon$ ) – визначає ефективність підрізання бур'янів та формування захисної зони.

- Зовнішній радіус переходу полиці до щитка – забезпечує плавність переходу та зменшує концентрацію напружень.

- Ширина захвату ( $B$ ) – задає робочу ширину обробітку.

- Висота леза щитка ( $H$ ) – впливає на глибину проникнення в ґрунт.

- Ширина полиць ( $b_1$  і  $b_2$ ) – визначає площу контакту з ґрунтом.

- Товщина матеріалу ( $\delta$ ) – забезпечує міцність та зносостійкість.

- Кут заточування леза ( $i$ ) – впливає на легкість входження у ґрунт та якість різання.

- Кут кришіння ( $\beta$ ) – визначає інтенсивність руйнування ґрунтових агрегатів [2, 9, 16, 18].

Важливою умовою є правильне поєднання ліній леза полиці та леза щитка у розгортці. Кут  $\Omega$ , що утворюється їхнім перетином, повинен дорівнювати  $180^\circ$

(рисунок 2.5). Це гарантує безперервність ріжучої кромки, запобігає утворенню «мертвих зон» та забезпечує рівномірне ковзне різання бур'янів.

Таким чином, дотримання зазначених параметрів дозволяє створити робочий орган, який відповідає агротехнічним вимогам, забезпечує якісне підрізання бур'янів та стабільне розпушування ґрунту у міжряддях.

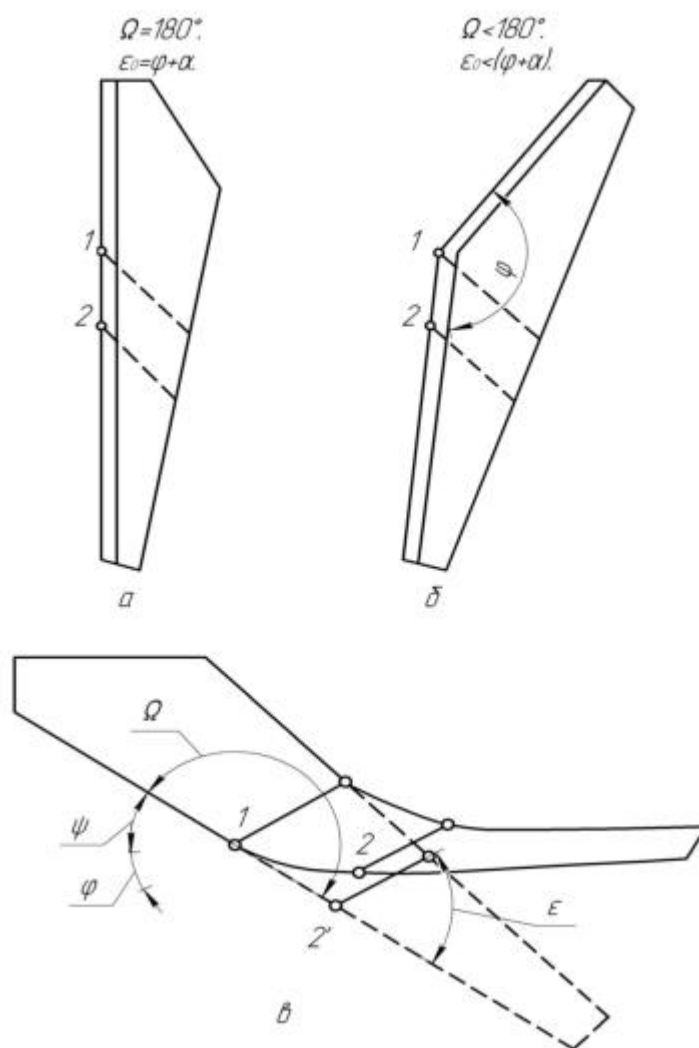


Рисунок 2.5 - Побудова проекції полиці полільної лапи культиватора КОР-4,2М

Кута  $\Omega$  визначаємо із залежності

$$\Omega = 180 + \varepsilon_0 - (\psi + \alpha) \quad (2.9)$$

Він має дорівнювати  $180^\circ$ , тому необхідно, щоб виконувалася умова

$$\varepsilon_0 = \psi + \alpha \quad (2.10)$$

тоді



Для повного обґрунтування параметрів робочих органів удосконалюваного культиватора виконаємо побудову розгортки односторонньої плоскоріжучої лапи (рисунок 2.6).

Кут  $\beta$  визначимо із залежності

$$tg\beta = \frac{tga}{\sin\varepsilon} \quad (2.14)$$

$$tg\beta = \frac{tg8^\circ}{\sin31^\circ5'} = 0.2722$$

Звідки  $\beta = 15^\circ14'$

Отримане значення кута  $\beta$  перевищує рекомендовані межі, тому необхідно повторити розрахунок. Відповідно приймаємо такі значення кутів:  $\psi = 25^\circ$  і  $a = 8^\circ$ , тоді  $\varepsilon_0 = 33^\circ$ .

Визначаємо значення решти кутів.

$$\cos\varepsilon = \frac{\cos\varepsilon_0}{\cos a} \quad (2.15)$$

$$\cos\varepsilon = \frac{\cos33^\circ}{\cos8^\circ} = 0,847$$

Значить  $\varepsilon_0 = 15^\circ14'$

$$tg\beta = \frac{tga}{\sin\varepsilon} \quad (2.16)$$

$$tg\beta = \frac{tg8^\circ}{\sin32^\circ7'} = 0.2643$$

Відповідно  $\beta = 14^\circ48'$

Отриманні значення кутів  $\psi$ ,  $\varepsilon$  і  $\beta$  входять у встановлені межі.

За таких значень виконується необхідна умова для кута  $\Omega$

$$\Omega = 180 + \varepsilon_0 - (\psi + a) = 180 + 32,30 - (25 + 7,30) = 180^\circ$$

### 2.3. Розрахунок міцності вузла кріплення стояка робочого органу

У межах дипломної роботи проводиться технічне обґрунтування параметрів основних робочих органів культиватора КОР-4,2, призначеного для міжрядного обробітку просапних культур. При цьому базова несуча конструкція агрегату



Проектний діаметр болта визначаємо з умови міцності на зріз [4, 14, 20]

$$d > \sqrt[3]{\frac{4k_c \cdot F_K}{\pi \cdot [\tau_D]}} \quad (2.17)$$

де  $F_K$  - колове зусилля від сили опору, кН;

$k_3$  - коефіцієнт запасу з'єднання;

$[\tau_{зр}]$  - допустиме напруження зрізу матеріалу болта,  $[\tau_{зр}] = (0,6..0,8)[\tau_p]$  МПа;

$[\tau_p]$  - допустиме напруження на розтяг матеріалу болта,  $[\tau_p] = 70$  МПа.

Колове зусилля визначають так [14, 20]

$$F_K = f_l \cdot F_T \quad (2.18)$$

де  $f_l$  - коефіцієнт тертя між стійкою лапи та рамою,  $f_l = 0,2$ ;

$F_T$  - зусилля затягування болта, кН.

Зусилля затягування болта можна визначити користуючись залежністю

$$F_T = \frac{2L \cdot F_{P0l}}{z \cdot l_c} \quad (2.19)$$

де  $F_{P0l}$  - сила опора одного корпусу культиватора;

$L$  - відстань від умовної точки прикладання сили до болтів кріплення,  $L=0,6$ м;

$z$  - кількість болтів кріплення,  $z = 2$ ;

$l_c$  - середня відстань між болтами кріплення стійки,  $l_c = 0,10$  м. приймаємо найбільш навантажений режим роботи  $F_{P0l} = 3$  кН [14].

тоді

$$F_T = \frac{2 \cdot 0.60 \cdot 3}{2 \cdot 0.10} = 18 \text{ кН}$$

З умови міцності на розрив визначимо діаметр болтів для кріплення стійок культиваторних лап

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1.3 \cdot 18\,000}{3.14 \cdot 70}} = 7,2 \text{ мм.}$$

Враховуючи значення рекомендованого коефіцієнта запасу міцності для різьбових з'єднань  $k=1,5$  приймаємо болти М12-6g.

## 2.4. Оцінювання тягових характеристик агрегату МТЗ-80 з оновленим КОР-4,2М

### 2.4.1. Механіка взаємодії ріжучої кромки лапи з ґрунтом

Для оцінки ефективності модернізованих робочих органів культиватора КОР-4,2М важливим є аналіз тягового опору, адже саме він визначає енергетичні витрати агрегату та його працездатність у різних ґрунтових умовах.

При взаємодії ріжучої кромки лапи з ґрунтовим середовищем виникає комплекс сил, що складається з:

- сил різання ґрунту, які залежать від кута нахилу леза та його заточування;
- сил тертя, що виникають між поверхнею лапи та ґрунтовими частинками;
- сил деформації та кришіння ґрунту, які визначаються формою грудей лапи та параметрами її полиць;

- опору переміщення ґрунтових мас, що залежить від ширини захвату та глибини обробітку.

Загальне значення тягового опору культиватора визначається за узагальненою формулою [3, 9, 12, 17], яка враховує:

$$P = (P_C + P_N + 2P_B + P_3 + P_V) \quad (2.20)$$

- $P_C$  (поздовжнє сколювання): опір, що виникає через сколювання ґрунту в поздовжньому напрямку.

- $P_N$  (тертя й тиск): опір, зумовлений силами тертя та нормальним тиском ґрунту на поверхню робочого елемента.

- $P_B$  (бокове сколювання): опір, який формується під час сколювання ґрунту у поперечно-вертикальній площині.

- $P_3$  (затуплення): опір, що враховує вплив площини затуплення робочого органа (радіус фаски, кут заточення).

- $P_V$  (швидкісний): опір, пов'язаний зі швидкістю процесу різання (інерційні та реологічні ефекти).

Щоб кількісно оцінити домінуючу складову тягового опору  $R_C$ , площу сколювання ґрунту моделюють як бічну поверхню зрізаного конуса (фрустума) з еліптичними перерізами [3, 9, 12, 17]: верхній еліпс елемента.





Складові тягового опору  $R_{Gx}$  і  $R_{Fx}$  тригранного клина визначають за формули [3, 9]

$$R_{Gx} = a_K b_K l_K p_{\Gamma} \frac{\sin\beta + f(\cos\gamma \cdot \operatorname{ctg}\gamma + \sin\gamma \cdot \cos\beta)}{\cos\beta - f \sin\beta \cdot \sin\gamma} \quad (2.30)$$

$$R_{Fx} = a_K b_K p_{\Gamma} \frac{V^2 \sin^2\gamma |\sin\beta + f \sin\gamma (\cos^2\gamma + \cos\beta)|}{g(\operatorname{ctg}\beta - f \sin\gamma)} \quad (2.31)$$

де  $l_K$  - довжина робочої поверхні клина, м;

$p_{\Gamma}$  - питома вага ґрунту,  $p_{\Gamma} = 26,58$  кН/м ;

$\beta$  - кут кришення лапи,  $\beta = 14^\circ$ , (див.п.2.2.2.(2.16));

$f$  - коефіцієнт тертя ґрунту об робочу поверхню,  $f = 0,6$ ;

$\gamma$  - кут скосу леза лапи,  $\gamma = 32^\circ$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$V$  - швидкість руху клина,  $V = 2,2$  м/с.

Підставивши дані, отримаємо:

$$\begin{aligned} R_{G\delta} &= 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,45 \cdot 26,58 \frac{\sin 14^\circ + 0,6 \cdot (\cos 32^\circ \cdot \operatorname{ctg} 32^\circ + \sin 32^\circ \cdot \cos 14^\circ)}{\cos 14^\circ - 0,6 \sin 14^\circ \cdot \sin 32^\circ} = \\ &= 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,45 \cdot 26,58 \frac{0,24 + 0,6 \cdot (0,85 \cdot 1,6 + 0,53 \cdot 0,97)}{0,97 - 0,6 \cdot 0,24 \cdot 0,52} = 0,28 \text{ кН} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{F\delta} &= 0,1 \cdot 0,15 \cdot 26,58 \frac{2,2^2 \sin^2 32^\circ [\sin 14^\circ + 0,6 \sin 32^\circ (\cos^2 32^\circ + \cos 14^\circ)]}{9,81(\operatorname{ctg} 14^\circ - 0,6 \sin 32^\circ)} = \\ &= 0,1 \cdot 0,15 \cdot 26,58 \frac{4,84 + 0,28 [0,24 + 0,6 \cdot 0,53 (0,7 + 0,97)]}{9,81(4,01 - 0,6 \cdot 0,53)} = 0,012 \text{ кН} \end{aligned}$$

$$R_{Dx} = 0,4 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,006 \text{ кН}$$

$$R_x = 2,73 + 0,006 + 0,012 + 0,28 = 3,028 \text{ кН}$$

#### 2.4.2. Обґрунтування раціональних режимів тягового навантаження трактора МТЗ-82

Вихідні дані:

- номінальна потужність трактора,  $N_e = 44,2$  кВт;

- номінальна частота обертів вала двигуна трактора,  $n_e = 1750$  хв<sup>-1</sup>;

- питома витрата палива,  $g_e = 253$  г/кВт-год;
- силовий радіус коліс трактора,  $R_k = 0,95$  м;
- швидкість руху трактора,  $V_m = 2,2$  м/с;
- ккд трансмісії,  $\eta = 0,88$ ;
- тиск у шинах,  $P_k = 150$  кПа;
- коефіцієнт кочення коліс,  $f_k = 0,11$ ;
- передаточне число трансмісії,  $u = 62$ .

Визначаємо номінальний крутний момент двигуна трактора [3, 9, 17]

$$M_e = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 44,2}{\pi \cdot n_e} \quad (2.32)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$M_e = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 44,2}{3,14 \cdot 1750}$$

Максимальний крутний момент двигуна відповідно

$$M_{e \max} = 1,05 \cdot M_e \quad (2.33)$$

де 1,05 - коефіцієнт пристосування двигуна за навантаженням;

$$M_{e \max} = 1,05 \cdot 241 = \text{Нм}$$

Частота обертів вала двигуна для максимального крутного моменту

$$n_{eM} = n_e \cdot 1,5^{-1} \quad (2.34)$$

$$n_{eM} = 1750 \cdot 1,5^{-1} = 1167 \text{ хв}^{-1}$$

Максимальна частота обертів вала двигуна трактора при  $M = 0$

$$n_{\max} = n_e \cdot 0,92^{-1} \quad (2.34)$$

$$n_{\max} = 1750 \cdot 0,92^{-1} = 1842 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо потужність двигуна при максимальному крутному моменті за формулою [3, 9, 17]



A, B,  $\mu$  – коефіцієнти, що визначаються умовами ґрунту та типом рушія.

Рівняння (2.35) розкладаємо у ряд Фур'є, обмежуючись першими п'ятьма членами, і отримуємо значення максимальної сили тяги ( $T_{\max} = 36$ )кН.

У процесі дослідження роботи культиватора важливим є аналіз взаємозв'язку між силою тяги та коефіцієнтом буксування ходових коліс. Для цього максимальне значення тягового зусилля  $T_{\max}$  приймається як верхня межа діапазону, який поділяється на рівні інтервали. Кожному інтервалу відповідає дискретне значення сили тяги  $T_i$ , для якого визначається величина буксування.

Отримані дані дозволяють сформулювати функціональну залежність  $s = f(T)$ , що відображає зміну коефіцієнта буксування зі зростанням тягового навантаження. Ця залежність подається у вигляді графічної інтерпретації (рис. 2.11), яка наочно демонструє характер зміни показника.

З метою систематизації результатів розрахунків числові значення  $T_i$  та відповідні коефіцієнти буксування  $s_i$  заносяться до узагальненої таблиці (табл. 2.2). При цьому проміжні етапи обчислень не наводяться, а представлено лише кінцеві результати, що відповідає вимогам до оформлення інженерних досліджень.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнта буксування

$T_i$ , кН	$T_1=5$	$T_2=10$	$T_3=15$	$T_4=20$	$T_5=25$	$T_{\max}=30$ * $max^u$
$\delta_i$	$\delta_1=0,018$	$\delta_2=0,038$	$\delta_3=0,066$	$\delta_4=0,14$	$\delta_5=0,38$	$\delta_{\max}=1$

Визначаємо величину сили опору коченню коліс машини та відкладаємо отримане значення ліворуч від початку координат у масштабі сили ( $T$ ) (рисунок 2.8).

$$P_f = 9,81 \cdot G_M \cdot f_K \quad (2.41)$$

$$P_f = 9,81 \cdot 3,33 \cdot 0,11 = 3,59 \text{ кН}$$

$$P_0 = \frac{M_e \cdot u \cdot \eta}{R_K} \quad (2.41)$$

$$P_0 = \frac{241 \cdot 10^{-3} \cdot 62 \cdot 0,88}{0,95} = 14 \text{ кН}$$



$$g_{Ti} = \frac{1000 \cdot G_{Ti}}{N_{Ti}} \quad (2.45)$$

де  $G_{Ti}$  - годинна витрата палива, яку визначають із графіка регуляторної характеристики двигуна, кг/год.

Визначаємо оптимальні значення:

$$\delta = 0,045; \quad V_g = 2,4 \text{ м/с}; \quad g_T = 328 \text{ г/кВт} \cdot \text{год}; \quad N_T = 33 \text{ кВт}; \quad T_H = 12,9 \text{ кН}.$$

Перевіряємо трактор на оптимальний тяговий режим по зчепленню з ґрунтом за умовою

$$T_H \geq \sum W \quad (2.46)$$

де  $\sum W$  - допустиме відхилення повинно бути  $\pm 10\%$ .

Результати розрахунків вносимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Розраховані величини тягової потужності і витрати палива

$T_b$ , кН	$T_1=3$	$T_2=6$	$T_3=9$	$T_4=12$	$T_5=15$	$T_{max}=30$
$N_{Tb}$ , кВт	$N_{T1}=8,7$	$N_{T2}=16,8$	$N_{T3}=24,6$	$N_{T4}=32,16$	$N_{T5}=0$	$N_{Tmax}=0$
$g_{Ti}$	$g_{T1} = 1011$	$g_{T2} = 571$	$g_{T3} = 41^\circ$	$g_{T4} = 332$	$g_{T5} = \sim$	$g_{Tmax} = \sim$

Таким чином, значення (12,9 кН) перевищує (12,83 кН), що відповідає поставленій умові. Різниця між величинами становить менше ніж 2%.

## 2.5. Розрахунок експлуатаційних параметрів модернізованого культиватора КОР-4,2М

Розглянемо очікувану продуктивність удосконаленого агрегату.

Оцінка ефективності роботи агрегату

Комплекс, утворений трактором МТЗ-82 та культиватором КОР-4,2М із удосконаленими робочими органами, характеризується низкою показників, що визначають його експлуатаційну придатність. Центральним критерієм виступає

продуктивність, яка у сільськогосподарській практиці трактується як кількість обробленої площі за певний проміжок часу.

Основні форми вираження продуктивності

- Годинна продуктивність (га/год): відображає ефективність використання агрегату протягом однієї години чистої роботи.

- Змінна продуктивність (га/змін): характеризує обсяг виконаних робіт за стандартну робочу зміну, враховуючи технологічні перерви.

- Сезонна продуктивність (га/сезон): показує сумарну площу, яку агрегат здатний обробити протягом усього виробничого циклу.

Значення показника

Продуктивність є інтегральним параметром, що поєднує технічні характеристики машини (ширину захвату, швидкість руху, глибину обробітку) з організаційними умовами експлуатації (тривалість зміни, якість підготовки поля, погодні фактори). Саме цей показник дозволяє оцінити економічну доцільність використання модернізованого культиватора у складі тракторного агрегату та визначити його конкурентоспроможність у виробничих умовах.

Таким чином, продуктивність комплексу «МТЗ-82 + КОР-4,2М» виступає базовим критерієм ефективності, що узагальнює технічні та організаційні аспекти його функціонування.

Показник годинної продуктивності (га/год) відображає кількість площі, яку агрегат може обробити за одну годину, і використовується для нормування трудових витрат та порівняння ефективності аналогічних машин. Розрахунок годинної продуктивності здійснюють за формулою [3, 9, 17].

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (2.47)$$

де  $B_p$  - робоча ширина захвату,  $B_p = 4,2$  м;

$V_p$  - робоча швидкість поступального руху агрегату, км/год.;

$\tau$  - коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Для зміни коефіцієнт використання робочого часу визначають за формулою

$$\tau = \frac{T_p}{T_{3М}} \quad (2.48)$$



Суттєвим резервом підвищення продуктивності є впровадження роботи у дві зміни.

#### Витрати паливно-мастильних матеріалів

У дипломній роботі розглядається комплекс, що складається з трактора МТЗ -82 та культиватора КОР-4,2М із удосконаленими робочими органами. Конструктивні параметри агрегату забезпечують умови, за яких робота двигуна трактора наближається до оптимального режиму, тобто досягнення максимальної ефективності при мінімальних витратах енергії.

#### Паливно-енергетичні витрати

У такому режимі експлуатації витрати паливно-мастильних матеріалів визначаються розрахунковою залежністю [3, 9, 17], яка враховує:

- тягове навантаження на трактор, що формується робочими органами культиватора;
- питомі витрати палива двигуна при номінальній потужності;
- коефіцієнт використання потужності, який відображає наближення реального режиму роботи до оптимального;
- тривалість роботи агрегату у годинному, змінному чи сезонному вимірі.

#### Значення для експлуатації

Розрахунок витрат паливно-мастильних матеріалів дозволяє:

- оцінити економічну ефективність модернізованого агрегату;
- визначити оптимальні режими роботи для зменшення енергоспоживання;
- обґрунтувати доцільність удосконалення конструкції культиватора з точки зору енергетичних витрат.

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_o \cdot T_o}{0,1 \cdot B_p \cdot V_p} \quad (2.49)$$

де  $q$  - питомі витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га;

$Q_p$  - часові витрати пального у робочому режимі, кг;

$Q_x$  - часові витрати пального на холостих переїздах, кг;

$Q_o$  - часові витрати пального на зупинках, кг;

$T_p$  - час роботи у номінальному режимі, год;

$T_x$  - час на холості переїзди, год;

$T_0$  - час роботи на зупинках, год.

Підставивши дані, отримаємо

$$q = \frac{7 \cdot 6,82 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,05}{0,1 \cdot 4,2 \cdot 4,5 \cdot 6,82} = 3,8 \text{ кг/га}$$

За підсумками обчислень за формулою (2.49) встановлено, що прогнозована витрата пального становить  $q = 3,8$  кг/га. Під час експлуатації агрегатів трудові витрати слугують індикатором рівня механізації технологічного процесу та суттєво впливають на собівартість виконання робіт. Розрахунок цих показників виконаємо для спроектованого агрегата.

$$Z_{\Pi} = \frac{n_M}{W_{\text{год}}} \quad (2.50)$$

де  $n_M$  - кількість механізаторів;

тоді

$$Z_{\Pi} = \frac{1}{1,6} = 0,62 \text{ чол. год/га}$$

Виконані розрахунки доводять ефективність застосування модернізованого культиватора КОР-4,2М та підтверджують раціональність його використання.

### **Підсумкові положення до другого розділу**

У конструктивній частині дипломної роботи запропоновано модернізувати базову модель культиватора, доповнивши її робочими органами для міжрядного обробітку просапних культур з можливістю застосування на різних етапах їх росту та розвитку.

Для спроектованої стрілкової лапи культиватора, призначеного для міжрядного обробітку, визначено основні параметри, виконано побудову бокової проекції та плану лапи.

У процесі конструювання односторонніх поліельних лап для культиватора КОР-4,2М визначальними є геометричні та технологічні параметри, що забезпечують відповідність агротехнічним вимогам. До них належать:

- кут нахилу леза щитка відносно горизонтальної площини  $\psi$  ;
- кут скосу леза полиці  $\varphi$  ;
- зовнішній радіус переходу полиці до щитка;
- робоча ширина захвату  $B$ ;
- висота леза щитка  $H$ ;
- ширина полиць  $b_1$  та  $b_2$ ;
- товщина матеріалу  $\delta$  ;
- кут заточування леза  $i$ ;
- кут кришіння  $\beta$ .

У дипломній роботі здійснено обґрунтування зазначених параметрів для основних робочих органів культиватора КОР-4,2, що використовується для міжрядного обробітку просапних культур. При цьому базова несуча конструкція машини залишається незмінною, що дозволяє інтегрувати удосконалені елементи без порушення її конструктивної цілісності.

З метою підвищення ефективності роботи агрегату проведено аналіз процесу взаємодії ріжучої кромки лапи з ґрунтовим середовищем. Особливу увагу приділено оцінці тягового опору, оскільки саме цей показник визначає енергетичні витрати та продуктивність культиватора. Оптимізація геометрії робочих органів спрямована на зменшення опору різанню, забезпечення ковзного зрізання бур'янів та стабільне розпушування ґрунту, що у комплексі підвищує якість міжрядного догляду за культурами.

Проведені розрахунки підтвердили ефективність та доцільність застосування удосконаленої конструкції культиватора КОР-4,2М

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА

### 3.1. Вивчення параметрів тертя й опору лап культиватора

Міжрядний догляд за посівами та посадками просапних культур є необхідною складовою технології їх вирощування. Основне його призначення полягає у знищенні бур'янів шляхом підрізання у міжряддях та засипання їх ґрунтом у захисних смугах рядків. Додатково ця операція забезпечує розпушення верхнього шару ґрунту, що зменшує втрати вологи та створює сприятливі умови для росту культурних рослин.

Для здійснення міжрядного догляду за просапними культурами традиційно використовуються культиватори, оснащені стрілочастими лапами з хвостовиком та низкою допоміжних елементів. Однак застосування стандартних лап має низку конструктивних обмежень. У процесі роботи на їх поверхні, особливо в зоні кінців крил, відбувається накопичення корневих систем та рослинних решток.

Таке явище негативно впливає на технологічні показники:

- знижується якість обробітку ґрунту;
- порушується стабільність руху агрегату;
- виникають відхилення від заданої глибини культивації.

У результаті обволікання робочих органів зменшується ефективність підрізання бур'янів, а при недостатньому заглибленні зростає ймовірність пошкодження кореневої системи культурних рослин. Це свідчить про необхідність удосконалення конструкції лап, спрямованого на мінімізацію намотування рослинних решток та забезпечення стабільної роботи культиватора в польових умовах.

При зміні конструкції робочих органів ґрунтообробних машин необхідно дослідити окремі параметри для підтвердження ефективності удосконалень. Для культиваторних лап важливим є визначення кутів тертя поширених бур'янів з урахуванням їх охоплення, а також аналіз руху ґрунту та бур'янів по лезах лап нової форми.

Коефіцієнт тертя найбільш розповсюджених бур'янів та кут тертя по лезу лапи, з урахуванням охоплення, визначають за відповідною методикою [16]. Отримані результати наведені у таблиці 3.1.

У рамках теоретичного моделювання процесів взаємодії робочих органів культиватора з ґрунтовим середовищем прийнято припущення, що ґрунтовий потік, який спрямовується вздовж кінців крил стрілочастих лап, не чинить істотного впливу на положення бур'янів.

Аналітичні дослідження засвідчили, що при застосуванні лап із прямолінійним лезом відбувається часткове відбиття ґрунтового потоку від стінки борозни, сформованої робочим органом. У результаті цього у прилеглий зоні утворюється застійна область, де спостерігається так зване пристінне явище. Його характер описується спеціальною залежністю, наведеною у джерелі [16], що дозволяє кількісно оцінити вплив геометрії леза на рух ґрунту та ефективність підрізання бур'янів.

Таким чином, форма леза стрілочастої лапи визначає не лише якість різання, але й структуру ґрунтового потоку, що безпосередньо впливає на стабільність роботи культиватора та результативність міжрядного обробітку.

$$b_s = \frac{b \cos^2 y_0 \sin y_0}{2 \cos \alpha r \operatorname{ctg} \cos^2 y_0} \quad (3.1)$$

де  $b_s$  - зона застою, ширина, м;

$y_0$  - розкриття крил лап, кут, град;

$b$  - половина ширини захоплення лап, м.

У зоні застійних процесів, що утворюються під час роботи стрілочастих лап, спостерігається зниження швидкості переміщення ґрунтового потоку  $v_2(\eta)$  (див. рис. 3.1–3.3). Така особливість руху призводить до накопичення бур'янів у безпосередній близькості до стояків робочих органів. Під дією сил тертя та власної ваги рослинні рештки поступово зміщуються вздовж поверхні лап і концентруються на їхніх кінцях.

Цей ефект негативно впливає на якість міжрядного обробітку, оскільки зменшується ефективність підрізання бур'янів та порушується стабільність роботи культиватора. Виявлене явище потребує врахування при удосконаленні





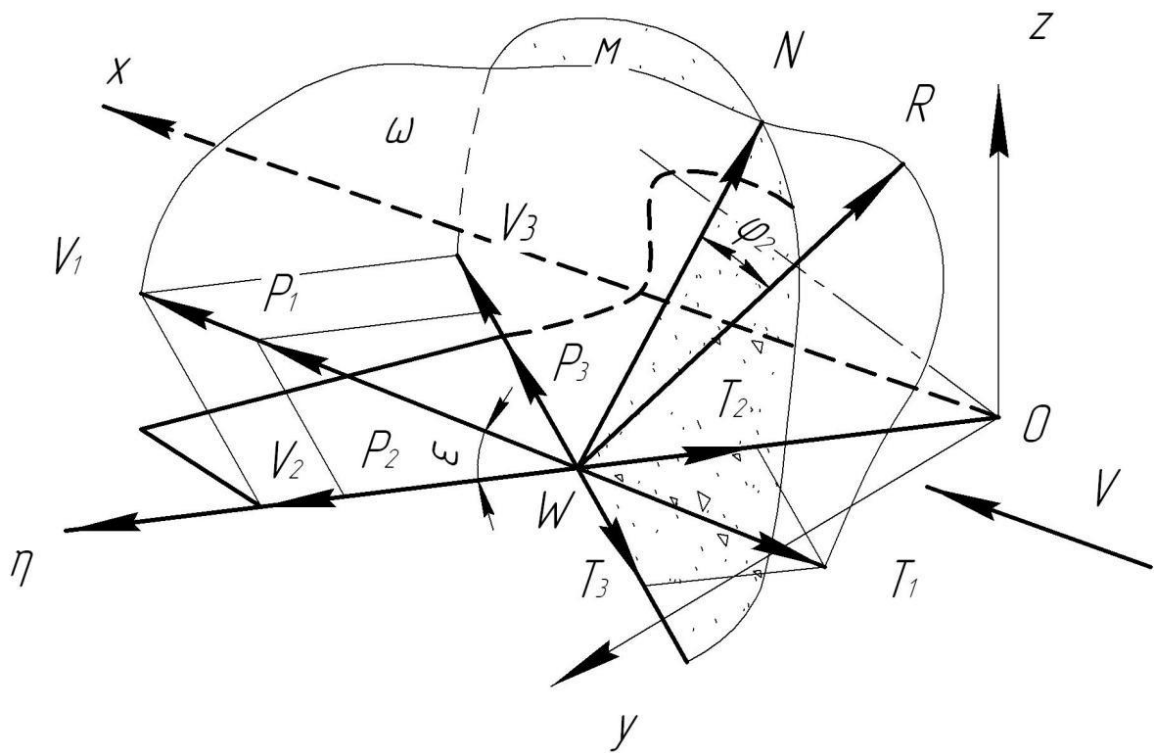


Рисунок 3.1 - Схема дії сил на бур'яни культиваторною лапою

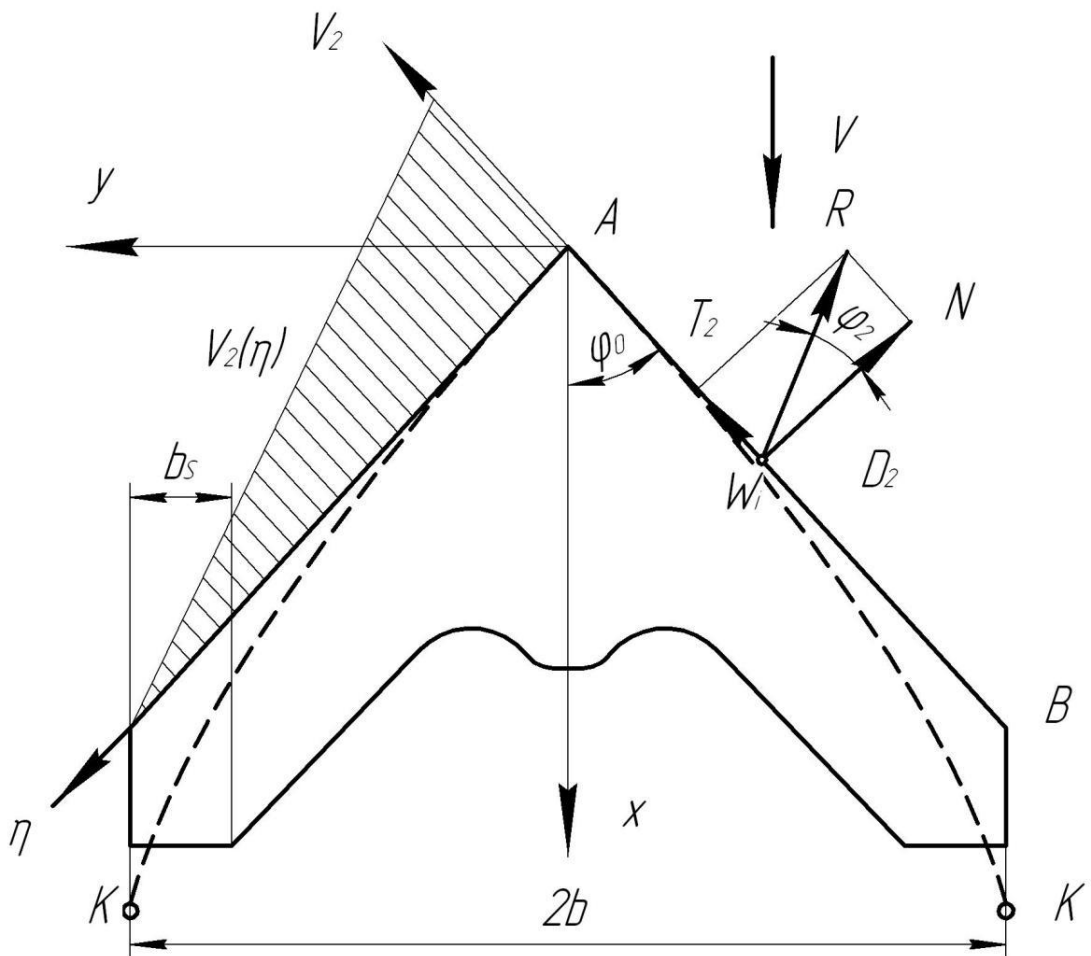


Рисунок 3.2 - Схема пристінного явища на лапі культиватора



Для забезпечення сходження бур'янів із лез лап необхідно прийняти умову, що наростання ґрунту ( $D_2$ ) перед лапами відбувається на постійну величину, яка в декартовій системі координат прямо пропорційна переміщенню ( $\eta$ ).

$$\Delta D_2 = D \cos \Delta \varphi \quad (3.7)$$

тут  $\Delta \varphi$  - для радіус-вектора точки  $W_i$ , збільшення кута, рад (рисунок 3.5).

З результатів досліджень встановлено, що зі зменшенням кута ( $\varphi_0$ ) зменшується ширина застійної зони ( $b_2$ ), зникає пристінний ефект, і бур'яни починають переміщуватися вздовж лап. Для підвищення сили динамічного потоку ( $D_2$ ) доцільно формувати леза лап у вигляді логарифмічної спіралі. Рівняння логарифмічної спіралі має різні форми запису залежно від вибраної системи координат [16, 26].

- для полярної

$$r = r_0 e^{\varphi \operatorname{ctg} Q} \quad (3.8)$$

- для декартової

$$\sqrt{x^2 + y^2} = r_0 e^{\operatorname{ctg} Q \operatorname{arctg} \frac{y}{x}} \quad (3.9)$$

тут  $r_0$  - радіус-вектор початковий, м;

$r$  - для логарифмічної спіралі радіус, м;

$Q$  - кут, який розташований між радіус-вектором і дотичною, град;

$\varphi$  - кут полярний, рад.

### 3.2. Аналіз роботи стрілочастих лап із криволінійною геометрією леза

У результаті аналітичних та диференціально-геометричних досліджень міцності отримано математичну залежність, що дозволяє описати форму леза лапи. Встановлено, що оптимальним варіантом є конічна поверхня, яка за своїми характеристиками наближається до логарифмічної спіралі.

Для конічної поверхні можна записати рівняння, яке визначає її геометричну форму [16, 26, 29, 30, 31].

$$\frac{y - y_s}{x - x_s} = \frac{y(u)(z - z_s)}{z_s(x - x_s)} \quad (3.11)$$

$x_s, y_s, z_s$  - координати вершини поверхні лапи, м;

$y(u)$  – рівняння кривої леза у горизонтальній площині;

$u$  – параметр лінії, що описує форму леза лапи.

Базою для формування лапи слугує конічна поверхня, яка утворюється внаслідок переміщення у просторі прямолінійної твірної  $d$ .

Для конічної поверхні рівняння має вигляд:

$$\frac{x-x_s}{x(u)-x_s} = \frac{y}{y(u)} = \frac{z-z_s}{-z_s} \quad (3.12)$$

тут  $x(u)$ ,  $y(u)$  - для напрямної кривої її координати;

$u$  - параметр, що визначає криву.

Проекції твірної можна записати рівняннями:

для площини  $O_{yz}$

$$z = \frac{z_s}{x_s-x(u)} (x - x_s) + z_s \quad (3.13)$$

для площини  $O_{xy}$

$$y = \frac{y_s}{x_s-x(u)} (x - x_s) + y_s \quad (3.1)$$

для площини  $O_{xz}$

$$z = \frac{z_s}{y(u)} (y - y_s) + z_s \quad (3.15)$$

Проектування робочої поверхні культиваторної лапи здійснюється через математичне описання її геометрії. Для цього задається параметрична крива

$$x(\eta), y(\eta),$$

що визначає контур ріжучої кромки, а також просторові координати поверхні

$$S(x_s, y_s, z_s),$$

які описують форму полиць та грудей лапи.

Алгоритм побудови робочих поверхонь

Відповідно до методики [3, 9, 16, 26] процес конструювання здійснюється у кілька етапів:

- Задання вихідних параметрів:

-  $\gamma_0$  — початковий кут розгину леза (градуси);

-  $b$  — робоча ширина захвату (метри);

-  $Q$  — величина кута між радіус-вектором та дотичною (градуси).





- Тип ґрунту: чорнозем середньосуглинковий (або інший, залежно від конкретних польових умов).
- Вологість: середнє значення становить 20,26 %, що визначає пластичність та опір різанню.
- Твердість: у межах 453–465 кПа, змінюється відповідно до типу ґрунту та його вологості.
- Щільність бур'янів: від мінімального рівня 4 шт/м<sup>2</sup> до максимального 90 шт/м<sup>2</sup>, що впливає на навантаження на робочі органи та якість підрізання.

Урахування зазначених характеристик дозволяє створити адекватну математичну модель процесу, яка відображає реальні умови експлуатації культиватора. Це забезпечує коректність розрахунків тягового опору, точність прогнозування руху ґрунтових мас та ефективність підрізання бур'янів у міжряддях.

Важливими параметрами є також здатність лап до самоочищення, їх зносостійкість та стабільність у вертикальній площині.

При аналізі спрацювання стандартних культиваторних лап виділяють дві найбільш уразливі зони – носок та хвостовик крила. Лапи з криволінійним лезом зношуються переважно в одній зоні – на носку. Удосконалені робочі органи демонструють підвищену довговічність: інтервал між повторними заточуваннями збільшується у 1,5–2 рази порівняно зі стандартними конструкціями. Практичні випробування засвідчили, що їхній експлуатаційний ресурс становить близько 60–80 га обробленої площі [16, 26].

Таким чином, модернізація забезпечує суттєве зниження потреби у технічному обслуговуванні та підвищує ефективність використання культиватора в польових умовах.



### 3.3. Моделювання напружено-деформованого стану держака лапи

Для оцінки міцності та працездатності конструкції виконано розрахунок напружено-деформованого стану тримача лапи культиватора, який використовується під час міжрядного обробітку ґрунту на схилах картопляних гребенів.

У рамках дослідження створено тривимірну модель тримача (рис. 3.5) у середовищі КОМРАС-3D V13 Home, що дозволяє відтворити його геометрію та умови закріплення. Конструктивно тримач монтується до стійки лапи культиватора за допомогою болтового з'єднання через спеціальну планку. Він виконує функцію утримання правої та лівої лапи-лезо, а також забезпечує можливість регулювання їхнього положення у поздовжньо-вертикальній площині.

Таким чином, тримач виступає ключовим елементом вузла кріплення, від якого залежить не лише надійність роботи культиватора, але й точність встановлення робочих органів, що визначає якість міжрядного обробітку.

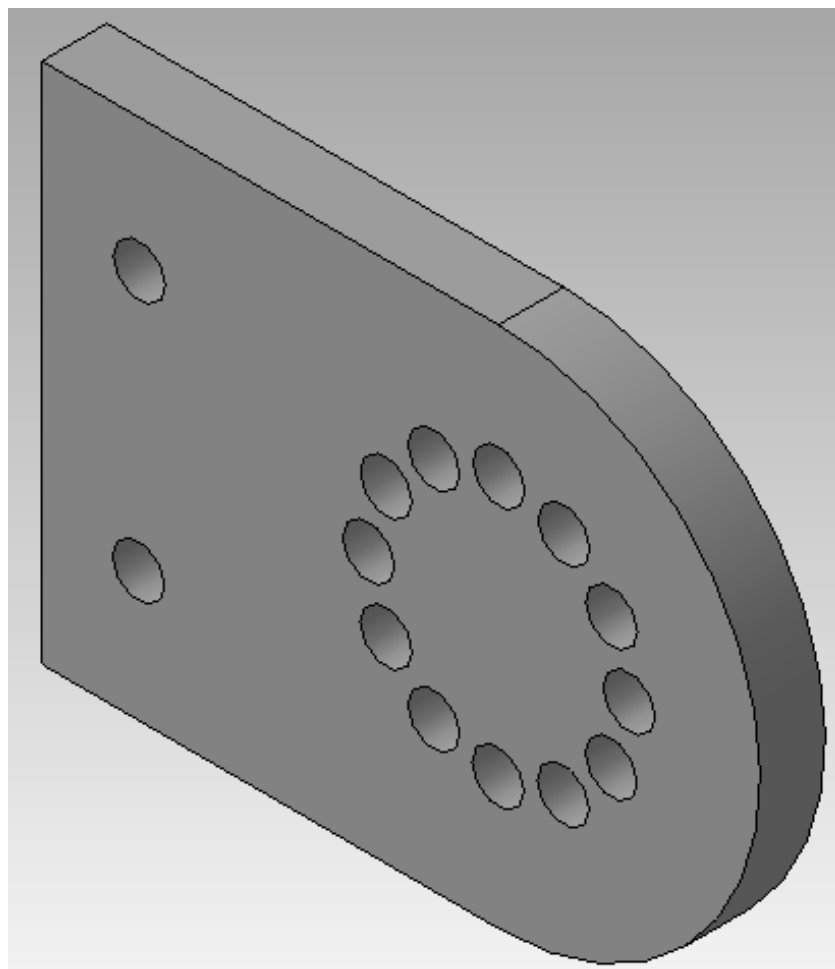


Рисунок 3.5 - 3D модель тримача



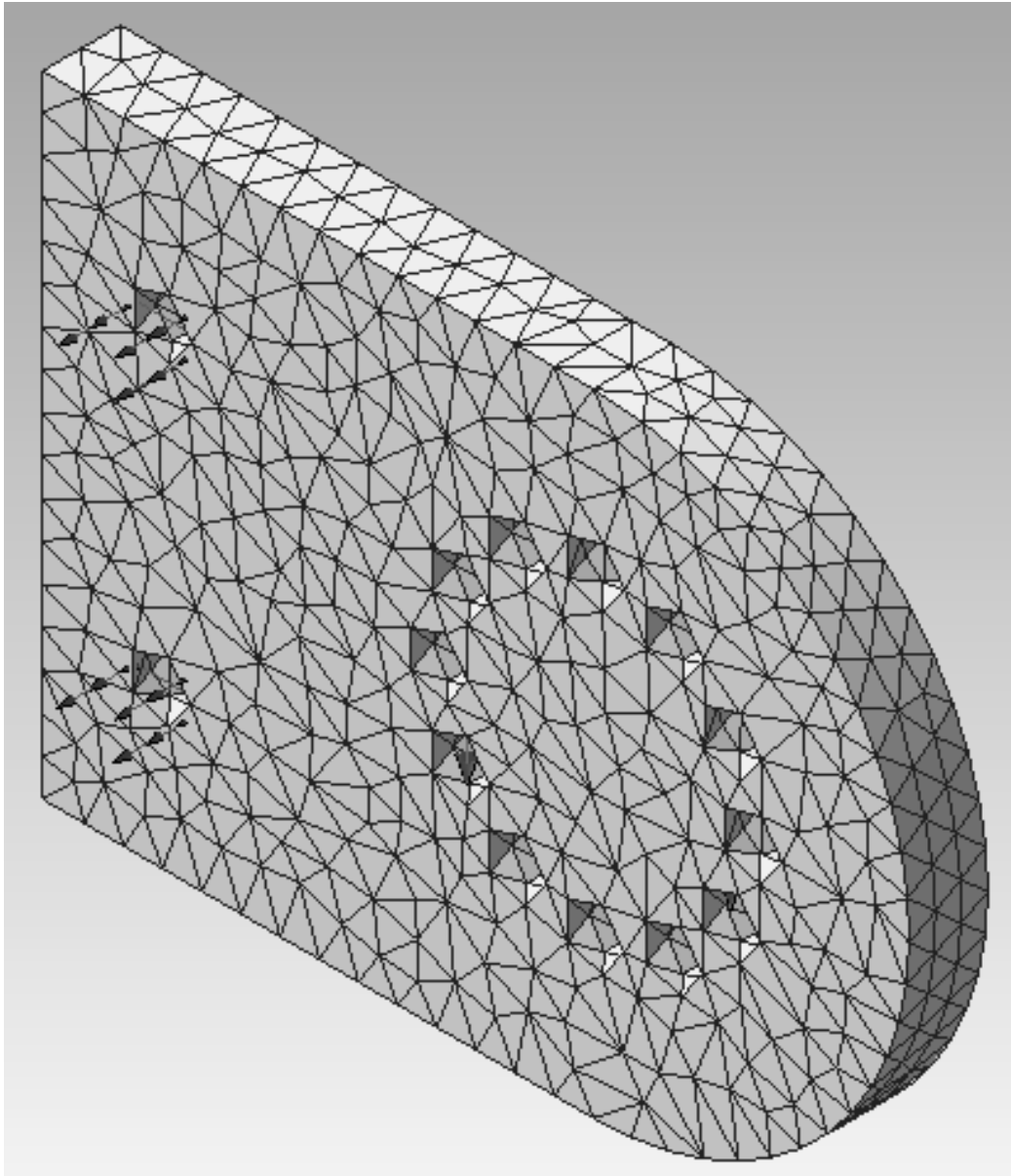


Рисунок 3.7 - Модель тримача розбита на кінцево-елементарну сітку

Максимальна довжина сторони елемента моделі - 5 мм, максимальний коефіцієнт згущення на поверхні - 1, коефіцієнт розрідження в обсязі - 1,5.

### **3.4. Інтерпретація та оцінювання результатів проєктування вузла тримача лапи**

У середовищі АРМ FEM пакета КОМПАС-3D V13 Номе виконано моделювання напружено-деформованого стану тримача культиваторної лапи. У ході розрахунку визначено переміщення опорних точок та коефіцієнт запасу міцності конструкції [28].

- Ізограма напружень (рис. 3.8) показує, що максимальне значення напружень у тримачі становить близько 49 МПа.



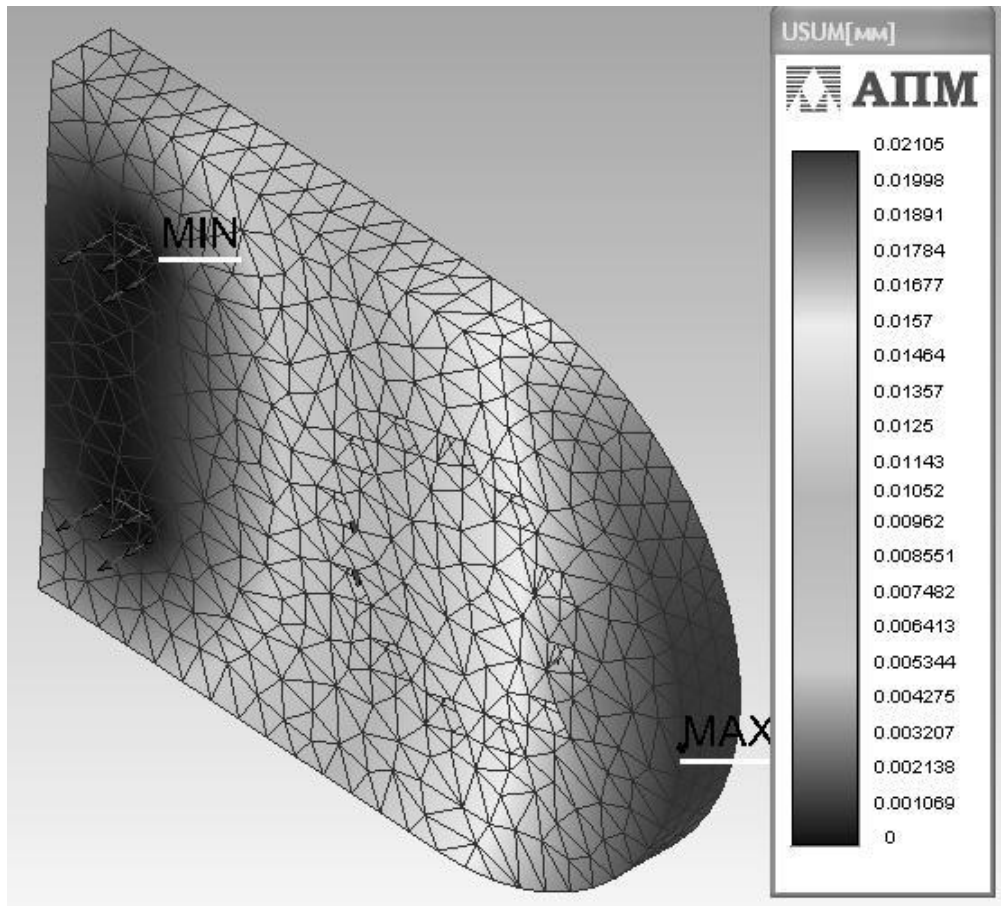


Рисунок 3.9 - Розрахунок переміщення точок тримача

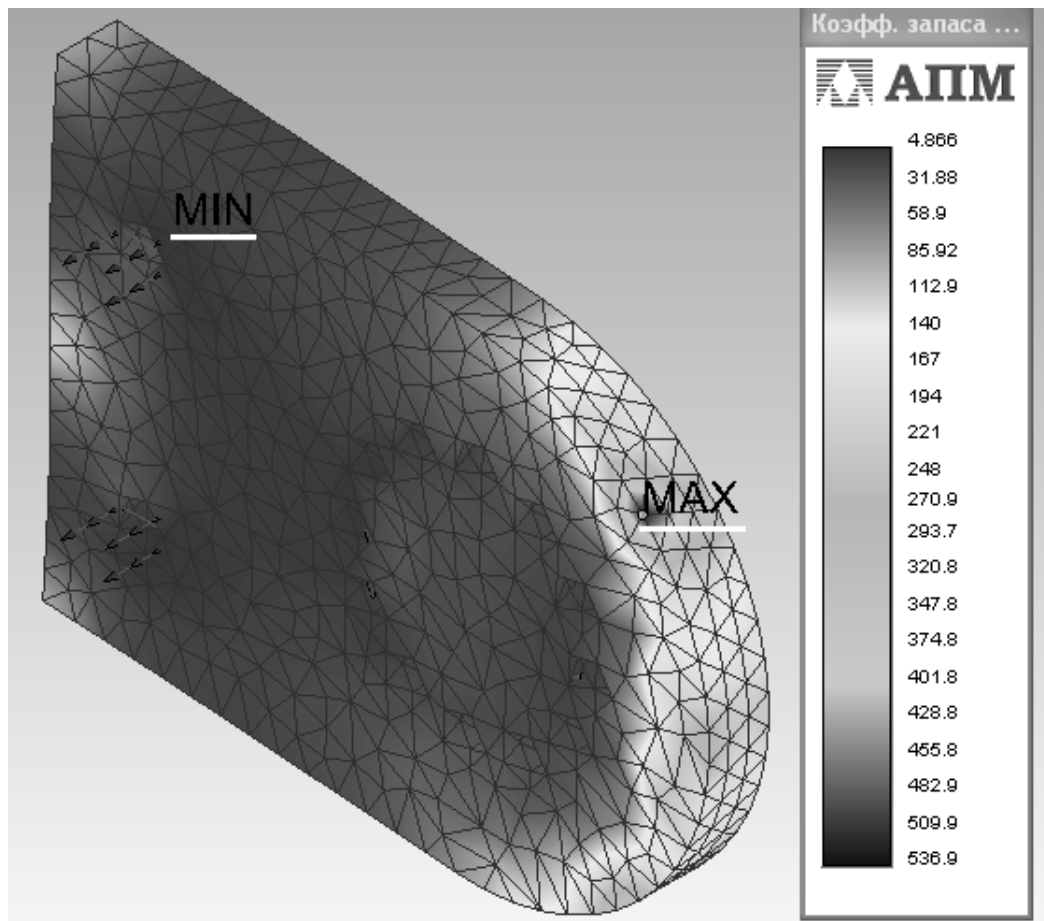


Рисунок 3.10 - Розподіл коефіцієнта запаса міцності

## Підсумкові положення до третього розділу

Міжрядний догляд за посівами та посадками просапних культур є обов'язковою операцією у технології вирощування. Його головна мета – ліквідація бур'янів шляхом підрізання у міжряддях та присипання їх ґрунтом у захисних зонах рядків. Додатково міжрядний обробіток розпушує верхній шар ґрунту, зменшуючи випаровування вологи, яку використовують культурні рослини під час вегетації.

При зміні геометрії робочих органів ґрунтообробних машин слід виконати дослідження окремих параметрів, щоб обґрунтувати ефективність конструктивних удосконалень. Для лап культиватора важливо визначити кути тертя типових бур'янів, враховуючи їх охоплення лапами, а також проаналізувати переміщення ґрунту й бур'янів по лезах модифікованої форми.

Визначення параметрів взаємодії бур'янів із робочими органами культиватора здійснюється шляхом оцінювання коефіцієнта тертя та кута тертя по лезу з урахуванням характеру їхнього охоплення. Для цього застосовується спеціалізована методика, яка дозволяє кількісно описати процес ковзання та затримки рослинних решток на поверхні лапи.

Такий підхід забезпечує:

- об'єктивну оцінку умов руху бур'янів уздовж леза;
- можливість прогнозування їхнього накопичення та сповзання;
- врахування впливу геометрії робочого органа на ефективність підрізання.

Виконуючи теоретичний аналіз руху ґрунту та бур'янів вздовж лапи, приймають умову, що потік ґрунту на кінцях крил стрілкової лапи не здатен зрушити бур'яни.

Аналітичні та диференціально-геометричні дослідження міцності дозволили отримати залежність для опису леза лапи; оптимальна форма відповідає конічній поверхні з профілем логарифмічної спіралі.

Агротехнічну якість роботи лап оцінюють за низкою критеріїв: відсоток знищених бур'янів, схильність до налипання ґрунту та намотування рослинних решток, інтенсивність зношування, стабільність заглиблення у ґрунт, а також витрата пального.

За методом кінцевих елементів у середовищі АРМ FEM для КОМПАС-3D V13 Home виконано розрахунок напружено-деформованого стану тримача лапи, визначено переміщення опорних точок і коефіцієнт запасу міцності.

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ДІЇ В УМОВАХ НЕСПРИЯТЛИВИХ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

### 4.1. Вимоги безпечної експлуатації культиватора КОР-4,2М під час польових робіт

Для забезпечення стійкості та безпечної експлуатації сільськогосподарських агрегатів встановлено низку конструктивних та експлуатаційних вимог:

- Колісні енергозасоби: навантаження на керовані колеса повинно становити не менше ніж 20 % від експлуатаційної маси машини.

- Гусеничні енергозасоби: допустиме зміщення центру тиску відносно середини опорної поверхні гусениць не може перевищувати 0,2 довжини гусениці.

- Баластування: для досягнення необхідного навантаження на керовані колеса допускається використання баластових вантажів масою до 20 кг кожен.

- Причіпні та напівпричіпні машини: у відчепленому стані вони повинні залишатися стійкими при прикладенні зусилля не менше 200 Н.

- Одноосні причіпні машини: обов'язково обладнуються регульованою опорою.

- Габаритні вимоги: визначаються згідно з ГОСТ 12.2.019. Якщо ширина агрегату перевищує габарити енергозасобу, він має бути оснащений світлоповертачами:

- задні — червоного кольору;

- передні — білого кольору.

- Додаткові маркувальні елементи: допускається нанесення на конструкцію геометричних фігур (коло, трикутник, прямокутник) червоного або білого кольору, вписаних у коло діаметром 100 мм. Також можливе використання чергування червоних і білих або жовтих і чорних смуг, розташованих під кутом 45° до вертикалі з інтервалом 50 мм.

- Усі маркувальні елементи повинні бути виконані зі світловідбивних матеріалів.

Причіпні та напівпричіпні машини повинні мати жорсткі зчіпні пристрої. Якщо агрегат перекриває світлову сигналізацію енергозасобу, він має бути



агрегату виконує тракторист-машиніст під керівництвом спеціаліста служби механізації.

З'єднання культиватора з трактором здійснюється за допомогою жорсткого зчіпного пристрою. При цьому відхилення від осі трактора не повинно перевищувати 120 мм, а відхилення замків — 15 мм.

Для роботи групи машин призначають старшого тракториста, який контролює відстань між тракторами (30–40 м). Якщо причіпні машини обслуговують кілька осіб, один відповідає за пуск і зупинку агрегату. Працівників забезпечують інструментами та спецодягом.

До роботи допускаються особи старше 18 років, які пройшли навчання та інструктаж, а також мають практичні навички. Перед культивацією перевіряють технічний стан агрегату, кріплення робочих органів, гальма та сигналізацію. Перед початком польових робіт оглядають поле, засипають ями, позначають перешкоди, відбивають контрольні борозни. Перед рухом необхідно переконатися у відсутності людей і подати сигнал. Під час роботи заборонено робити різкі повороти із заглибленими робочими органами. Перед заміною органів у полі агрегат слід зупинити, вимкнути двигун і встановити машину на надійні підставки.

#### **4.2. Методи дезактивації сільськогосподарських машин після радіаційного забруднення**

Радіоактивне зараження – це потрапляння на поверхню деталей і вузлів культиватора та іншої техніки радіоактивних речовин, що утворюються після ядерного вибуху. Основним джерелом радіоактивності є продукти поділу ядерного пального, які включають близько 200 ізотопів і 36 хімічних елементів.

Особливістю цього виду ураження є його масштабність та залежність від потужності вибуху, типу детонації, метеорологічних умов і рельєфу місцевості. Найбільше забруднення виникає при наземних та неглибоких підземних вибухах, коли формується масивна хмара радіоактивних речовин. Наприклад, при наземному вибуху потужністю 1 Мт у вогняний шар потрапляє близько 20 тис. тонн



розчини на основі порошків СФ-2 (СФ-2У) або їх замітники – пральні порошки та промислові відходи, які пом'якшують воду.

Радіоактивне зараження впливає не лише на техніку, а й на працівників, створюючи небезпеку їхнього опромінення. Стійкість роботи культиватора в умовах надзвичайних ситуацій залежить від:

рівня захисту персоналу;

захищеності техніки від вторинних факторів (пожеж, вибухів, хімічного зараження);

забезпечення машини мастильними матеріалами та запасними деталями.

Підвищення надійності роботи агрегату досягається своєчасним технічним обслуговуванням і проведенням контрольних-вимірних операцій.

### **Підсумкові положення до четвертого розділу**

Для сільськогосподарських агрегатів із колісними енергозасобами навантаження на керовані колеса повинно становити не менше 20 % від експлуатаційної маси машини, що гарантує стабільне ведення агрегату в міжряддях просапних культур.

При використанні гусеничних енергозасобів зміщення центру тиску відносно середини опорної поверхні гусениці не може перевищувати 0,2 її довжини, щоб уникнути надмірного ущільнення ґрунту в міжряддях.

З метою гарантування поздовжньої стійкості та формування оптимального навантаження на керовані колеса у складі машинно-тракторного агрегату передбачено можливість використання баластових вантажів. Їхня маса не повинна перевищувати 20 кг кожен, що забезпечує рівномірний розподіл силових впливів та підвищує стабільність функціонування агрегату під час роботи в полі.

Таким чином, застосування баластування виступає ефективним засобом підтримання стійкості та надійності експлуатації сільськогосподарської техніки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі розроблено та запропоновано нові конструктивні рішення робочих органів для культиватора КОР-4,2, які відповідають агротехнічним вимогам при обробітку посадок просапних культур.

Основні конструктивні особливості

- Стрілчасті лапи з хвостовиком та криволінійним лезом.
- Односторонні плоскорізні лапи, що кріпляться до стояків стрілчастих лап.
- Призначення: ефективне знищення бур'янів на схилах картопляних гребенів, забезпечення якісного розпушування ґрунту та очищення міжрядь.

Монтаж та налаштування

Запропоновані робочі органи встановлюються у тримачах секцій культиватора та регулюються відповідно до необхідної ширини міжрядь.

Удосконалена конструкція включає:

- 7 секцій;
- 12 зубів;
- 12 стійок із лапами шириною 165 мм;
- 7 стійок із лапами шириною 220 мм;
- 4 стійки з лапами шириною 330 мм;
- 14 стійок із лапами шириною 270 мм;
- 12 лап-полиць;
- спеціальні корпуси для обробки гребенів;
- додаткове обладнання для міжрядь шириною 45 см.

Таким чином, удосконалені робочі органи культиватора КОР-4,2 забезпечують комплексне виконання технологічних операцій: розпушування ґрунту, підрізання та знищення бур'янів як у міжряддях, так і на гребенях, що підвищує ефективність обробітку просапних культур.

Односторонні плоскорізні лапи закріплюються на стояках стрілчастих лап і встановлюються з урахуванням глибини обробітку, ширини захвату та кута атаки, а також фаз росту культурних рослин. Під час роботи вони рихлять міжряддя та підрізають бур'яни на схилах гребенів картоплі.

Запропонована конструкція забезпечує підвищену якість обробітку ґрунту, зменшує кількість бур'янів, покращує умови росту культурних рослин та сприяє економії робочого часу. Використання лап із криволінійним лезом дає кращі агротехнічні результати: зменшується налипання ґрунту та обволікання бур'янами, покращується самоочищення, підвищується стійкість, знижується зношування та витрати палива.

Культиватор КОР-4,2М, оснащений удосконаленими робочими органами, здатний функціонувати у складі машинно-тракторного агрегату з тракторами МТЗ-80 та МТЗ-82 в умовах оптимального тягового режиму. Це забезпечується як відповідністю потужності двигунів зазначених тракторів, так і достатнім рівнем їхнього зчеплення з ґрунтовим середовищем.

Тим самим, модернізована конструкція культиватора дозволяє ефективно реалізувати технологічні операції при обробітку просапних культур, гарантуючи стабільність роботи агрегату та високу якість виконання агротехнічних вимог.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III // Відомості Верховної Ради України. 2002. № 3–4. С. 42–88.
2. Про внесення змін до Земельного кодексу України : Закон України від 11 липня 2003 р. № 1119-IV // Голос України. 2003. 12 серпня.
3. Про внесення змін до Земельного кодексу України : Закон України від 6 жовтня 2004 р. № 2059-IX // Все про бухоблік. 2004. № 116. С. 11.
4. Про внесення змін до Земельного кодексу України : Закон України від 6 жовтня 2004 р. № 2059-IX // Відомості Верховної Ради України. 2005. № 2.
5. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, С.П. Комарніцький ; за ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.
6. Застосування способів основного обробітку ґрунту в сівозмінах / В.М. Кабанець, М.Г. Собко, О.В. Радченко ; під ред. М.Г. Собка. 2015. 16 с.
7. Шустік Л. Техніка для передпосівного обробітку ґрунту // Пропозиція. 2015. № 1. С. 44–51.
8. Булгаков В.М., Лінник М.К., Гуков Я.С. Пріоритетні напрями наукових досліджень з механізації сільського господарства // Механізація сільськогосподарського виробництва : зб. наук. пр. НАУ. Харків, 2001. С. 8–14.
9. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
10. Пришляк В.М., Яропуд В.М. Умови експлуатації і причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин // Зб. наук. пр. ВНАУ. Вінниця, 2010. № 5. С. 117–119.
11. Пастухов В.І., Чигрин А.Г., Джолос П.А. та ін. Довідник з машиновикористання в землеробстві. Харків : Весна, 2001. 344 с.
12. Лихочвор В.В. Вплив агрозаходів на польову схожість озимої пшениці при ресурсощадній технології // Таврійський науковий вісник. Херсон, 2000. Вип. 16. С. 53–58.

13. Коваленко А.В. Культиватор для суцільного обробітку ґрунту для ґрунтозахисної системи землеробства // Механізація с.-г. виробництва. Вісник ХДТУСГ. Харків, 2004. Вип. 29. С. 180–184.

14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. ; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

15. Коломієць С.М. Обґрунтування параметрів культиваторів-розпушників для передпосівного обробітку ґрунту // Вісник Харків. НТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2014. Вип. 145. С. 75–81.

16. Механізація, електрифікація та автоматизація с.-г. виробництва : підручник : у 2 т. Т. 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.

17. Механізація, електрифікація та автоматизація с.-г. виробництва : у 2 т. Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. Київ : Агроосвіта, 2012. 434 с.

18. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. ; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.

19. Типові задачі машиновикористання в землеробстві / Ю.П. Нагірний, Б.І. Затхей, В.В. Хом'як та ін. ; за ред. Ю.П. Нагірного. Львів : ВЦ НАУ, 2001. 180 с.

20. Погорілець О.М., Погорілець М.О. Основи проектування і розрахунку об'ємного гідропривода : метод. вказівки. Київ : НАУ, 2000. 47 с.

21. Гуков Я.С. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів механізації обробітку ґрунту. Київ : ДІА, 2007. 276 с.

22. Козаченко О.В., Шкрегаль О.М. Дослідження конструкцій і режимів роботи робочих органів культиваторів // Техніка і енергетика АПК : наук. вісник НУБіП України. Київ, 2010. Вип. 144, ч. 4. С. 122–127.

23. Булгаков В.М., Заришняк А.С., Головач І.В. Від класичних основ землеробської механіки до машин майбутнього // Механізація і електрифікація с.-г. виробництва. Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 26–34.

24. Сисолін В.П., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини : теоретичні основи, конструкція, проектування / за ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.
25. Нагірний Ю.П. Системна методологія аграрної інженерії як чинник розвитку // Вісник ХДТУСГ. Харків, 2001. Вип. 7. С. 341–347.
26. Калетнік Г.М., Черниш О.М., Березовий М.Г. Використання сучасних методів механіки для с.-г. виробництва // Зб. наук. пр. ВНАУ. Вінниця, 2011. Т. 1 (65). С. 8–18.
27. Калетнік Г.М., Адамчук В.В., Петриченко Є.А., Булгаков В.М., Кувачов В.П. Теорія плоскопаралельного руху удобрювально-посівного МТА // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2017. № 2 (97). С. 6–18.
28. Пастухов В.І. Особливості моделювання функціонування МТА з урахуванням критеріїв часу, енергоресурсів і безпеки // Вісник ХДТУСГ. Харків, 2001. Вип. 7. С. 341–347.
29. Алфйоров О.І., Гринченко О.С., Савченко В.Б., Юр'єва Г.П. Теоретичний аналіз автоколивачів ґрунтообробних органів на пружній підвісці // Технічний сервіс АПК. 2016. № 5. С. 225–231.
30. Іванишин В.В., Грушецький С.М., Рудь А.В. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. Кам'янець-Подільський : ПДУ ; Рута, 2021. 468 с.
31. Іванишин В.В., Рудь А.В., Грушецький С.М. Технічне обслуговування машин і обладнання : підручник. Кам'янець-Подільський : ПДУ ; Рута, 2023. 360 с.
32. Іванишин В.В., Лабазюк П.П., Рудь А.В., Грушецький С.М. Експлуатація машин і обладнання : підручник. Кам'янець-Подільський : ПДУ ; Рута, 2024. 576 с.
33. Кравченко В.М., Іщенко А.О., Сидоров В.А., Буцукін В.В. Експлуатація та обладнання машин. Донецьк : Донбас, 2014. 543 с.
34. Орлов В., Строков А., Головчук А. Експлуатація та ремонт с.-г. техніки. Київ : Грамота, 2009. 336 с.
35. Лесько В.І., Кузьмінець М.П., Міщук Є.О. Експлуатація і ремонт машин : конспект лекцій. Київ : КНУБА, 2015. 83 с.
36. Орлов В., Марченко В., Головчук А. Експлуатація та ремонт с.-г. техніки. 2003. 320 с.

37. Булгаков В.М., Головач І.В., Горобей В.П., Свірень О.М. Побудова математичної моделі коливального руху у ґрунті // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин. Кіровоград, 2015. Вип. 45, ч. 1. С. 50–62.
38. Хомик Н.І., Сташків М.Я., Олексюк В.П. Методичний посібник до виконання дипломної роботи. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
39. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Олексюк В.П. Основи агрономії : навч. посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
40. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
41. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М. Технічна механіка : підручник. Київ : Хай-Тек Прес, 2011. 340 с.
42. Булгаков В.М., Калетнік Г.М., Гриник І.В. Теоретична механіка в прикладах та завданнях. Київ : Аграрна наука, 2014. 348 с.
43. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань : ДСТУ 7435:2013. Київ : Держспоживстандарт України, 2013. 25 с.
44. Булгаков В.М., Адамчук В.В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних с.-г. машин // Наук. вісник Луганського НАУ. 2011. № 29. С. 252–260.
45. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2021. 256 с.
46. Скобло Ю.С., Тіщенко Л.М., Цапко В.Г. Безпека життєдіяльності. Вінниця : Нова книга, 2000. 368 с.
47. Демчук І.М., Завалевська В.О., Савицька О.П., Кисліченко М.Ф. Методичні рекомендації з оплати праці на збиранні зернових культур урожаю 2014 року. Київ : НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2014. 38 с.
48. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / В.К. Збарський, М.Ф. Бабієнко, М.М. Кулаєць, І.М. Синявська, М.П. Хоменко ; за ред. В.К. Збарського. Київ : Агроосвіта, 2013. 352 с.
49. Бур'ян В.В. Дослідження кутів тертя культиваторних лап // Перші наукові кроки – 2025 : наук.-практ. конф. молодих учених. Кам'янець-Подільський : ПДУ, 2025

# ДОДАТОК

# ДОСЛІДЖЕННЯ КУТІВ ТЕРТЯ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

Бур'ян В.В, здобувач вищої освіти освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія»

Керівник: професор, Заслужений працівник освіти України Рудь А.В.

Міжрядний обробіток посівів і посадок просапних культур - обов'язкова технологічна операція у технологіях їх вирощування. Основна мета її - знищення бур'янів підрізанням у міжряддях і присипання шаром ґрунту у захисних зонах рядків. Ще одне важливе завдання, яке вирішує міжрядний обробіток - розпушування поверхневого шару ґрунту для запобігання випаровування вологи, яку можуть використати культурні рослини під час росту.

Виконують міжрядний обробіток просапними культиваторами. Здебільшого вони обладнані стрілочастими лапами з хвостовиком та іншими допоміжними робочими органами. Щодо стандартних культиваторних лап, то під час роботи у міжряддях на них намотуються корені та рослинні рештки, особливо на кінці крил. Через це погіршується якість обробітку. Знижується стабільність руху лап, а це призводить до зниження або перевищення рекомендованої глибини обробітку. Зменшується, через обволікання лап, кількість підрізаних бур'янів. Наслідок зменшення глибини обробітку - це зменшення кількості підрізаних бур'янів, а в результаті збільшення пошкоджуються корені культурних рослин.

Проводячи теоретичні дослідження руху ґрунту і бур'янів по лапі культиватора необхідно задатися певною умовою. А саме, приймають, що потік ґрунту, який рухається на кінцях крил стрілочастих лап не може зсунути бур'яни.

Результати теоретичних досліджень руху ґрунту на культиваторних лапах з прямолінійним лезом такі. Потік ґрунту частково відбивається від стінки борозни, яку утворює лапа. Згодом у зоні застою виникає пристінне явище. Це можна описати залежністю

$$b_s = \frac{b \cos^2 y_0 \sin y_0}{2 \cos a r \operatorname{ctg} \cos^2 y_0} \quad (1)$$

де  $b_s$  - зона застою, ширина, м;  $y_0$  - розкриття крил лап, кут, град;  $b$  - половина ширини захоплення лап, м.

Рух ґрунту, а саме його швидкість,  $v_2$  ( $\eta$ ), знижується через зону застою (рисунки 1, 2.). Через це бур'яни зависають на стояках і сходять кінцями лап.

Коли бур'яни рухаються по лезу лапи, по перебувають під дією таких сил:

- динамічний напір,  $H D_2 = p r_1^2 v_2^2 S_T \cos^2 E$  (2)

- тертя,  $H T_2 = p f_2 S_H v^2 \sin^2 y_0 \sin^2 a$  (3)

- защемлення (виникає у проміжку дна борозни і леза лапи),  $H Q = K v_2$  (4)

де  $p$  - густина ґрунту, кг/м<sup>3</sup>; щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  $a$  - кут кришіння ґрунту, град;  $r_1$  - коефіцієнт, що характеризує розпушування ґрунту;  $S_T$  - площа бур'янів, які потрапляють під ґрунт, що рухається потоком, м<sup>2</sup>;  $\zeta$  - кут, під яким ґрунт поступає на поверхні лап,  $\zeta=1,08 y_0$ ;  $f_2$  - тертя, тобто коефіцієнт тертя, залежить від контактуючих матеріалів, бур'яни і сталь;  $V$  - швидкість, визначає рух лапи, м/с;  $K$  - коефіцієнт, описує кількість ґрунту, що є на лезі лапи, кг/с.

1. І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 „Процеси, машини та обладнання агропромислового аиробництва”. І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та ін. / За редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. – 640 с.

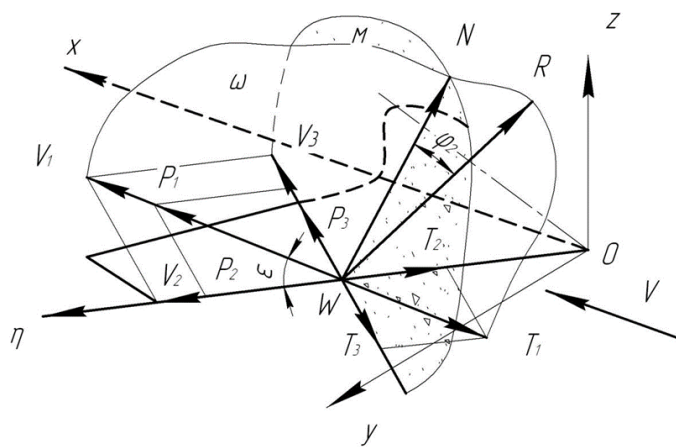


Рисунок 1 - Схема дії сил на бур'яни культиваторною лапою

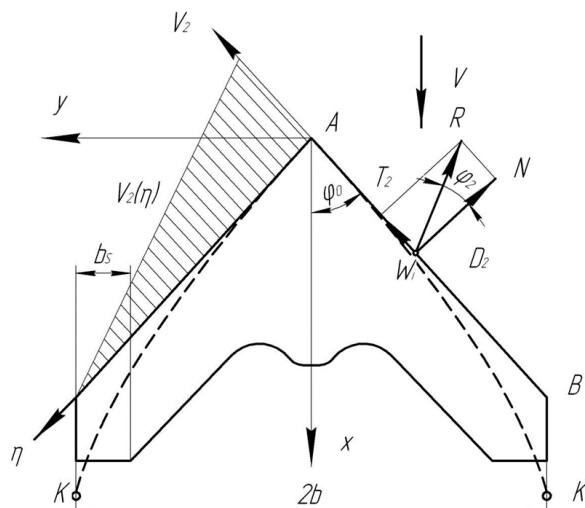


Рисунок 2 - Схема пристінного явища на лапі культиватора