МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ І КОНСТРУКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ

Виконав:_______ Сеник Костянтин Олександрович

Керівник: _____Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Бакалавр"
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)

_____ _____
(підпис) (прізвище, ініціали)
„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи _____
_____
_____

керівник роботи _____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___”_____20__ року №_____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____
_____
_____
_____
_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

А Н О Т А Ц І Я

Сеник К.О. Удосконалення механізації вирощування кукурудзи і конструкції культиватора для міжрядного обробітку// Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026. – 75 с.

В роботі представлено аналіз фізико-механічних характеристик ґрунту. Приведено аналіз машин, які застосовуються для міжрядного обробітку ґрунту і патентний аналіз культиваторів і їх робочих органів. Розроблено схему удосконалення просапного культиватора і проведено розрахунки параметрів і режиму роботи удосконаленої машини. На підставі розрахунків розроблена конструкція окремих вузлів і деталей удосконаленого культиватора.

Розроблені заходи з охорони праці, які можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні кукурудзи і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 10614380 грн. При цьому зниження затрат праці складає 0,09 люд.год./га.

Ключові слова: кукурудза, технологія, ґрунт, культиватор, фреза, удосконалення, параметри, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П. 6
1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ 9
2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА. 13
3 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КУЛЬТИВАТОРІВ. 15
4 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ. 27
5 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОСАПНОГО ФРЕЗЕРНО-ЛАПОВОГО КУЛЬТИВАТОРА. 35
6 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ. 38
6.1 Технологічний розрахунок копіювального механізму секції. 38
6.2 Вибір діаметру фрези і кінематичного режиму. 41
6.3 Визначення сили і потужності при роботі фрез. 43
6.4 Розрахунок ланцюгової передачі. 45
7 ОХОРОНА ПРАЦІ. 49
7.1 Організація робіт з охорони праці. 49
7.2 Охорона праці при вирощуванні кукурудзи. 50
7.3 Санітарні правила при підготовці насіннєвого матеріалу. 52
8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. 56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. 63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. 64
ДОДАТКИ. 67

В С Т У П

Виробництво зерна кукурудзи в Україні до повномасштабної війни було одним з приорітетних високоприбуткових напрямків агробізнесу. До початку повномасштабного вторгнення росії кукурудза була другою культурою за площею вирощування. Це обумовлено як нашим географічним розташуванням, яке створює сприятливі умови для вирощування цієї культури, так і попитом на високоякісну українську продукцію у світі.

Площа посіву кукурудзи у 2021 р., порівняно з 2010 р. збільшилася у 2 рази і сягала 5,4 млн. га. Валове виробництво зерна вдповідно зросло у 3 рази і становило 38,6 млн. т. За рахунок інтенсифікації технології вирощування, впровадження високопродуктивних гібридів у 2021р. на великих площах урожайність сягала 10 т/га і більше [1].

Сьогодні частка кукурудзи у посівах культур зменшилась. Вже у 2022 році площі під цією культурою становили 4,5 млн. га, тобто зменшилися на 17% [2, 3, 4]. По-перше, через блокування українських портів, та зниження цін на внутрішньому ринку.

По-друге, через підвищення собівартості вирощування (живлення кукурудзи потребує внесення азотних добрив, які подорожчали на 50%), сушіння (зростання ціни на природний газ також має суттєвий вплив на тарифи) та інші фактори. У ситуації, що склалася, частина аграріїв перепрофілювалася на вирощування сої, соняшника та інших культур.

Експерти вважають, що не дивлячись на ці загрози, кукурудза, як і раніше, залишиться серед основних культур. Тому що, по-перше, Україна за багато років завоювала високий рівень експертності у вирощуванні цієї культури (техніка, технології, знання та досвід наших аграріїв), тож після розблокування більшої кількості портів аграрії швидко повернуть свої сильні

позиції на міжнародному ринку. По-друге, у світі попит на кукурудзу тільки зростає. В Україні зростання цін уповільнюється тільки темпами експорту.

Кукурудза – основна кормова культура. Її виробництво в світі складає близько 500 млн. тон зерна, а головний її виробник – США. Ця країна збирає щорічно 215-235 млн. тон с площі 29-31 млн. га. Доля кукурудзяного зерна в концентрованих кормах складає 45-60%. При такому співвідношенні досягаються максимальні привіски продукції тваринництва, надоїв молока. Крупними виробниками кукурудзи є і такі країни, як Мексика, Бразилія, Франція, Китай. Досить скромне місце в цьому переліку займає наша країна. Маючи родючі ґрунти, унікальний клімат, максимально, що вирощувала Україна – це було в середині 80-х рр ХХ століття – близько 9 млн. тон з площі 2,7 млн. га.

За урожайністю та кормовою цінністю кукурудза перевищує всі інші зернофуражні культури. Її зерно – незамінний компонент для виготовлення комбікормів, цінна сировина для харчової і ряду інших галузей промисловості. За вмістом кормових одиниць зерно кукурудзи переважає овес, ячмінь, жито. Кілограм його містить 1,34 кормової одиниці, 78 г перетравного протеїну [3]. Протеїн представлений неповноцінним зеїном і глютеліном, тому згодовувати зерно слід у суміші з високопротеїновими кормами. У зерні кукурудзи 65-70% вуглеводів, 9-12% білка, 4-8% рослинної олії (у зародку до 40%) і лише близько 2% клітковини. Містяться вітаміни А, B_p B_2, B_6, Е, С, незамінні амінокислоти, мінеральні солі і мікроелементи. Вміст білка невисокий, він дефіцитний за деякими незамінними амінокислотами, особливо за вмістом лізину і триптофану.

Із зерна кукурудзи під час переробки отримують високоякісні корми для тваринництва, крохмаль, патоку, олію, глюкозу, мальтозу, кукурудзяний екстракт (сировину для виробництва пеніциліну, інших ліків), кукурудзяний сироп, що використовується у виробництві кондитерських виробів та безалкогольних напоїв (він у 100 разів солодший за цукор), каротин та багато інших продуктів [4]. Із 100 кг зерна одержують 37-40 л спирту, що на 3-5 л

більше, ніж із зерна інших культур. Із зародків зерна добувають цінну харчову олію, яка має лікувальні властивості (зменшує вміст холестерину в крові і запобігає захворюванню на атеросклероз). Із стрижнів качанів виготовляють фурфурол, лігнін, ксилозу, одержують целюлозу і папір. З 1 ц зерна можна одержати 56 кг крохмалю (або 60 кг фруктози чи 38 л спирту), 22,4 кг корму з вмістом протеїну 21%, 5,2 кг глютенового борошна і 2,7 кг кукурудзяної олії.

У структурі кормів кукурудза посідає одне з перших місць у світі, і її частка продовжує збільшуватись за рахунок розширення посівів та підвищення врожайності. В Україні до війни кукурудза займала 4,5-5,0 млн. га, що становить майже чверть всіх кормових культур [5]. За площею посівів Україні немає рівних в Європі. Кукурудзу на зерно в останні роки сіють на площі 1,3-1,5 млн. га, а на силос і зелений корм на площі 3,2-3,4 млн. га. В Україні співвідношення площ кукурудзи на зерно та на силос і зелений корм становить 32 і 68 відсотків, тоді як в США – 90 і 10. Тому доцільно в межах площ, відведених під цю культуру, розширити її посіви на зерно, відповідно скоротивши посіви на силос.

В останній час увага до проблем посіву значно зростає, що пояснюється важливістю цієї операції для підвищення урожайності кукурудзи, переходом від швидкості 1,5 м/с на більш високі робочі швидкості – до 3,5 м/с, впровадження точного висіву насіння.

Удосконалення технології вирощування кукурудзи передбачає високопродуктивне використання машин при чіткому виконанні всієї агротехніки. Для цього необхідно правильно підібрати і скомплектувати агрегати, використовувати нові та модернізовані робочі органи, які забезпечили б надійну експлуатацію машини на високих робочих швидкостях, а також поєднували окремі операції. При цьому вирішальне значення має комплексна і взаємопов’язана механізація основних і допоміжних операцій.

Метою дипломної роботи є удосконалення механізації вирощування кукурудзи і конструкції культиватора для міжрядного обробітку, що дозволить підвищити урожайність і зменшити затрати праці і собівартість продукції.

1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

Ґрунт складається з твердої, рідкої і газоподібної фаз. Вплив твердих часток на його фізико-механічні властивості проявляється тим сильніше, чим менші їх розміри, а значить і більша сумарна поверхня в одиниці об'єму ґрунтової системи [9, 10].

В вітчизняному ґрунтознавстві прийнята класифікація ґрунтів, запропонована М.О. Качинським, згідно якої пропонується всі тверді частки розділяти на фізичний пісок (d › 0,01 мм) і фізичну глину (d ‹ 0,01 мм). По кількості фізичного піску і фізичної глини ґрунт відносять до того чи іншого типу. При цьому враховують додатково генетичні ознаки ґрунтів, які проявляються в здатності глинистих фракцій до агрегатування. Останні залежать від вмісту гумусу, складу обмінних катіонів, мінералогічного складу. Чим вища здатність агрегатування ґрунту, тим слабкіше проявляються глинясті властивості при рівному вмісту фізичної глини. Тому степові ґрунти, як більш структурні, переходять в категорію важких при більшому вмісту глини, ніж підзолисті.

Основною технологічною характеристикою ґрунту, яка відображає його будову, водно-фізичні властивості і біологічну активність, є об'ємна маса [9]. Всі види обробітку ґрунту і дія ходових систем агрегатів приводять до зміни об'ємної маси. Прийнято вважати, що пухкий ґрунт відповідає об'ємній масі до 1,15 г/см^3, щільний ґрунт – 1,15-1,35 г/см^3, а дуже щільний – більше 1,35 г/см^3.

Твердість ґрунту – це опір проникненню в нього будь-якого деформатора. Вимірюється (в Па) різними приладами, принцип дії яких заснований на примусовому втисненні в ґрунт плунжерів різної форми і площі.

Вологість різко змінює всі механічні властивості ґрунту, впливає на якість обробітку.

Розрізняють абсолютну W_a і відносну $W_в$ вологість (%):

$$W_a = \frac{m_B - m_C}{m_C} \cdot 100, \qquad (1.1)$$

$$W_B = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100, \qquad (1.2)$$

де m – маса вологої проби ґрунту;

m_c – маса сухої проби ґрунту;

W_n – польова вологість.

Польова вологість – це кількість води в ґрунті, яка перестає рухатися вниз під дією гравітаційних сил. А кількість води, яку поглинає ґрунт до повного насичення, називається повною вологоємністю. При характеристиці вологості ще розрізняють вологість в'янення – це нижня межа вмісту вологи, яку можуть використовувати рослини.

При оптимальній вологості ґрунт добре кришиться і не налипає на робочі органи, а затрати енергії на його обробіток – мінімальні. Такий стан ґрунту називається фізичною спілістю.

Оптимальна відносна вологість ґрунту для обробки становить 60 – 70 %, задовільна – 50–60 %, надмірна – більше 80 %, недостатня – нижче 50 %. Супіщані і піщані ґрунти можна обробляти при відносній вологості 100 % і менше.

Від вологості ґрунту залежить і такий важливий показник, як питомий опір (К, Н/см^2). Він визначається відношенням сили тягового опору до площі поперечного перерізу пласта, який обробляється:

$$К = \frac{P}{a \cdot b} \qquad (1.3)$$

Встановлено, що із збільшенням вологості питомий опір спочатку зменшується, а потім знову збільшується (рис. 2.1). Це пояснюється тим, що із збільшенням вологості понад оптимальні значення збільшується липкість (адгезія) ґрунту.

Липкість характеризується здатністю часток ґрунту склеюватися і прилипати до поверхні робочих органів. Цей показник визначається відношенням сили, необхідної для відриву (напрямок дії сили може бути по нормалі і по дотичній) частки до площі залипання.

В залежності від питомого опору і механічного складу ґрунти розділяють на легкі, середні, середньо-важкі і важкі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Характеристика ґрунтів

Показник	Легкі	Середні	Середньо-важкі	Важкі
Питомий опір, Н/см^2	До 3	3,0 – 5,0	5,0 – 7,0	7,0 – 15,0
Вміст фізичної глини, %	До 20	20 - 30	31 - 50	Більше 51

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя і кутом тертя. Розрізняють коефіцієнт зовнішнього f і внутрішнього f_1 тертя. Значення коефіцієнта f залежить від багатьох факторів, головні з яких – механічний склад і вологість (табл.. 2.2). Для приблизних розрахунків приймають f = 0,5 і кут тертя $\varphi = 26^0\ 30'$.

Однією з трибологічних характеристик ґрунту є зсув – зміщення однієї частини ґрунту по відношенню до другої в результаті бокового (тангенціального) тиску. Зсув ґрунту характеризується показником ψ, тобто відношенням зсуваючого зусилля T до нормального тиску N:

$$\psi = \frac{T}{N} \qquad (1.4)$$

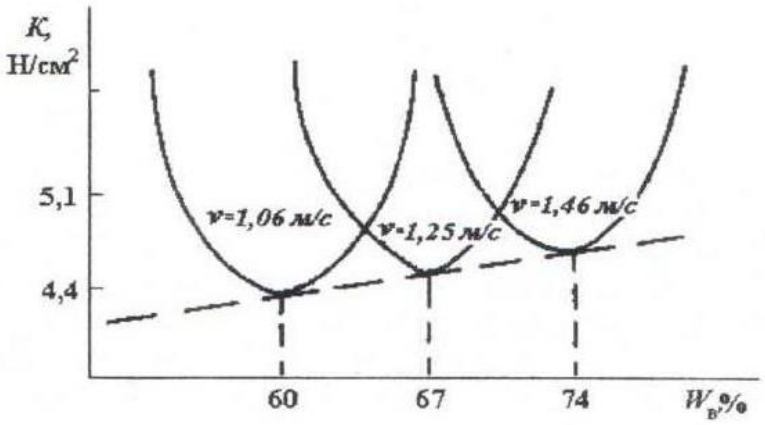


Рисунок 1.1 - Залежність питомого опору ґрунту *К* від вологості $W_в$ і швидкості руху агрегату *V*

Таблиця 1.2 - Коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту (при нормальному тиску N = 3 – 8 Н/см^2)

Г р у н т	Абсолютна вологість	Коефіцієнт тертя
Дерново-підзолистий, легкосуглинковий	2 - 15	0,4 – 0,5
Дерново-підзолистий, середньосуглинковий	3 - 20	0,4 – 0,8
Лісостеповий, темно-сірий, важкосуглинковий	20 - 23	0,5 – 0,8
Чорноземи вилугувані, глинясті	23	0,7
Чорноземи важкосуглинкові	7 - 16	0,4 – 0,7
Чорноземи середньосуглинкові	6 - 27	0,5 – 0,8
Чорноземи звичайні, глинясті	10 - 30	0,7 – 1,0
Чорноземи південні, піщані	1 - 6	0,4 – 0,6

Експериментально встановлено, що між окремими характеристиками існують тісні кореляційні зв’язки і це дозволяє встановити закономірності зміни одних властивостей в залежності від інших.

2 АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ КУЛЬТИВАТОРА

Своєчасний і якісний догляд за рослинами – один з основних агротехнічних заходів щодо одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Догляд за рослинами полягає в розпушуванні ґрунту, знищенні бур'янів у міжряддях, формуванні необхідної густоти, підживленні.

Культиватор повинен рівномірно розпушувати ґрунт у міжряддях, обробляти максимально можливу площу міжрядь, не пошкоджуючи і не присипаючи культурні рослини ґрунтом. При цьому з кожного боку рядка встановлюють захисні зони від 7-8 до 12-15 см. Відхилення від установленої глибини розпушування допускається не більш як ±1 см, глибина розпушування ґрунту – в межах 4-16 см. При руйнуванні ґрунтової кірки культиватор регулюють так, щоб він розпушував поверхню ґрунту на глибину до 3 см, не пошкоджуючи сходів.

Необхідно, щоб робочі органи культиватора під час роботи не залипали ґрунтом і не забивалися бур'янами. При роботі в одному міжрядді кількох лап для кращого підрізання бур'янів вони повинні бути розставлені так, щоб перекриття було не менш як 3 см.

У зоні проходу робочих органів підрізання і знищення бур'янів повинно бути не менш як у 99% випадків.

При міжрядному обробітку слід дотримуватися таких вимог:

- ширина захвату культиватора має бути кратна ширині захвату сівалки;
- перше розпушування потрібно проводити на глибину 4-7 см, наступні – на 10-12 см;
- робочі органи повинні забезпечувати рівномірність розпушування ґрунту на всій довжині гону, по глибині і ширині їх захвату;

- стикові міжряддя обробляють крайніми робочими органами за два проходи культиватора;
- перекриття лап, що працюють в одному міжрядді, має бути не менше 3-4 см;
- ширина захисної зони при першому міжрядному обробітку – 4-5 см, на рівній поверхні – 7-10, при наступних обробітках – до 13-15 см;
- добрива треба вносити в ґрунт на глибину 12-14 см з обох боків рядка на відстані 15-25 см. Нерівномірність внесення добрив не повинна перевищувати 8%;
- у зоні проходу робочих органів культиватора має бути знищено 80-95% бур'янів;
- кількість засипаних ґрунтом рослин не повинна перевищувати 2%, а при підгортанні – 5%.

3 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КУЛЬТИВАТОРІВ

Культиватори призначені для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив.

Культиватори класифікують [16]:

- за призначенням: для суцільного обробітку ґрунту (парові, плоскорізні, штангові, садові, лісові); для обробітку міжрядь просапних культур (культиватори-рослинопідживлювачі, підгортачі, універсальні, борознорізи, проріджувачі), спеціальні;
- за видом агрегатування: тракторні, кінні;
- за способом під'єднання: причіпні, напівнавісні, навісні;
- за типом робочих органів: лапові (універсальні, плоскорізні), розрихлювачі (долотоподібні, пружинні, ножовидні), ротаційні (штангові, дискові, голкові), фрезерні (з Г-подібними робочими органами, шаблевидні, зубові).

На культиваторах для розпушування ґрунту, боротьби з бур'янами, підгортання культурних рослин та внесення у ґрунт мінеральних добрив застосовують такі робочі органи (рис. 3.1), як лапи, підгортачі, голчасті диски, підживлювальні ножі, штанги та полільні зуби.

Лапи залежно від призначення і виконуваного процесу поділяють на полільні і розпушувальні. Полільні бувають однобічні плоскорізальні (бритви), стрілчасті плоскорізальні без хвостовика і з хвостовиком, долотоподібні (розпушувальні), оборотні (наральникові) та списоподібні.

Однобічні плоскорізальні лапи (рис. 3.1, а) призначені для перших міжрядних обробітків з підрізанням бур'янів і розпушенням ґрунту на глибину до 6 см. Лапи бувають ліві і праві з шириною захвату від 85 до 182 мм.

Стрілчасті плоскорізальні лапи без хвостовика (рис. 3.1, б) без хвостовика і стрілчасті плоскорізальні з хвостовиком призначені для

обробітку ґрунту на глибину до 6 см. Вони підрізають бур’яни і частково розпушують ґрунт.

Стрілчасті лапи-плоскорізи (рис. 3.1,в) призначені для обробітку ґрунтів, які піддаються ерозії, максимальна глибина обробітку до 16 см.

Стрілчасті універсальні лапи з хвостовиком (рис. 3.1,г) і стрілчасті універсальні лапи без хвостовика поєднують роботу полільних і розпушувальних лап. Одночасно із підрізанням бур’янів добре розпушують ґрунт. Такі лапи застосовують для передпосівного обробітку ґрунту і міжрядного обробітку просапних культур на глибину до 12 см. Ширина захвату лап від 220 до 330 мм.

Розпушувальні долотоподібні лапи (рис. 3.1, д) призначені для розпушування ґрунту на глибину до 16 см без вивертання його на поверхню нижнього шару. Такі лапи застосовують для міжрядного обробітку посівів цукрових буряків та інших культур.

Розпушувальними оборотними лапами (рис. 3.1,е) розпушують ґрунт. Ці лапи заточені з обох боків, при спрацюванні одного кінця лапу можна повернути на 180^0. Оборотні лапи кріплять як до жорстких так і до пружинних стояків, перші застосовують для передпосівного або міжрядного обробітку окремих культур, другі - для вичісування кореневищ багаторічних бур’янів при суцільному обробітку. Ширина лап– 45-55мм, глибина обробітку до 12 см.

Списоподібні лапи (рис. 3.1,є) призначені для розпушування ґрунту та знищення кореневищ багаторічних бур’янів. Глибина обробітку до 16 см.

Підгортачі (рис. 3.1, ж) використовують для підгортання картоплі, капусти та інших культурних рослин і нарізування поливних борозн. Підгортач має полицю, до якої знизу прикріплено наральник, що розрізає ґрунт, а у верхній частині – крила, які піднімають угору ґрунт, розпушений полицею, і зміщують в обидва боки. Підгортачі застосовують для формування гребнів висотою до 25 см.

Лапи-полиці (рис. 3.1,з) призначені для підгортання картоплі та інших культур. Полиці підрізають бур’ян, розпушують ґрунт у міжряддях і частину

ґрунту відкидають на захисну зону до куща картоплі, присипаючи бур’ян, який там є.

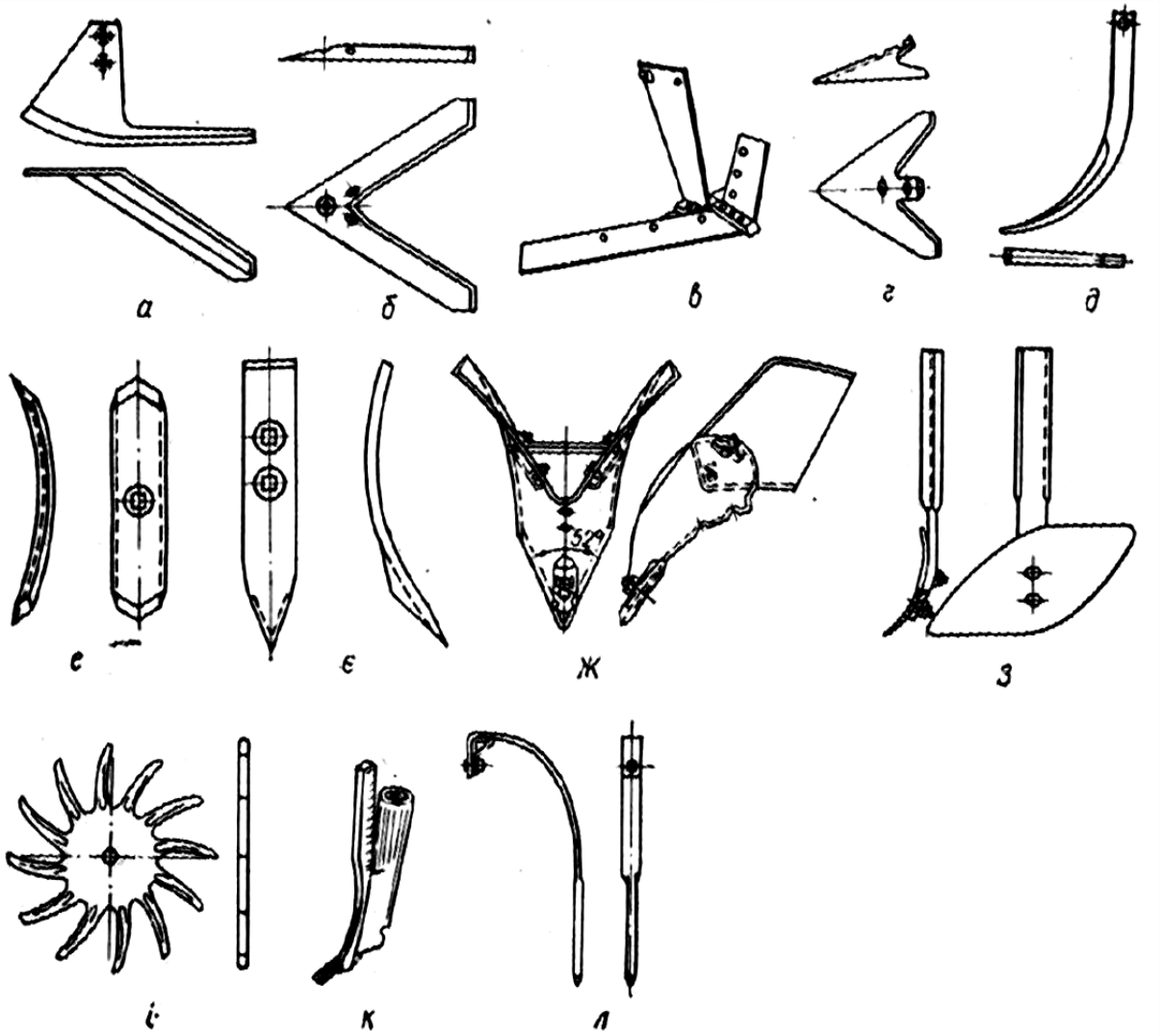


Рисунок 3.1 - Робочі органи культиваторів: а – однобічна плоскорізальна лапа, б – стрілчаста плоскорізальна лапа без хвостовика, в – плоскоріз, г – стрілчаста універсальна лапа з хвостовиком, д – розпушувальна долотоподібна лапа, е – розпушувальна оборотна лапа, є – писоподібна лапа, ж – підгортач, з – лапа-полиця, і – голчастий диск, к – підживлювальний ніж, л – полільний зуб

Голчасті диски (рис. 3.1, і) призначені для руйнування кірки і знищення бур’янів у рядках рослин. Диски мають діаметр 350, 450 і 520 мм. При перекочуванні полем голки заглиблюються у ґрунт до 9 см і руйнують кірку та вивирають сходи бур’янів.

Підживлювальні ножі (рис. 3.1, к) призначені для розпушування ґрунту і одночасного внесення сухих мінеральних добрив. Підживлювальний ніж складається з розпушувальної долотоподібної лапи і тукопроводу, прикріпленого ззаду до лапи.

Полільні зуби (рис. 3.1, л) призначені для одночасного обробітку захисних зон і міжрядь. Виготовлені зуби у вигляді стержнів круглого перерізу довжиною 275 мм із загостреними кінцями. Своєчасний обробіток захисних зон полільними лапами дає можливість знищувати до 72% однорічних бур'янів.

Штанговий робочий орган культиватора – це стальна квадратного перерізу штанга, яка заглиблюється у ґрунт на задану глибину і під час роботи обертається, розриваючи корені бур'янів, виносячи їх на поверхню та одночасно розпушуючи верхній шар ґрунту без перевертання його. Штанга обертається у напрямку, зворотному обертанню коліс культиватора. Такий робочий орган обробляє ґрунт на глибину 4-10 см.

Полільний ротор використовують для рихлення ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях з мінімальними захисними зонами. Так як диск ротора нахилений до поверхні поля, то розрихлювачі поблизу рядка рослин заглиблюються у ґрунт, а з протилежної сторони рядка навпаки. Зуби рихлять ґрунт , вичісуючи бур'яни засипаючи їх землею.

Полільний диск використовують для обробітку захисних зон при великій листовій поверхні рослин. Під час роботи диск і лезо лапи заглиблюються у ґрунт, ножі зачіплюються за ґрунту, диск обертається, підрізуючи кореневу систему бур'янів і рихлить ґрунт у захисній зоні рядків.

Розрізняють дві системи кріплення робочих органів культиваторів – жорстку і шарнірну. При жорсткій робочі органи нерухомо кріпляться безпосередньо до рами культиватора або до додаткових перемичок і не можуть вільно переміщатись відносно рами, а також копіювати поверхню поля, тому змінюють своє положення лише разом із рамою.

При шарнірній системі робочі органи з рамою з’єднані рухомо і кожний окремий робочий орган (або їх група) переміщається у вертикальній площині відносно рами. Таке вільне переміщення дає можливість робочим органам копіювати рельєф поля та забезпечувати більш рівномірну глибину обробітку [ ].

Розрізняють одношарнірну (радіальну) індивідуально-повідцеву та секційну і багатошарнірну (паралелограмну) системи кріплення робочих органів з рамою.

Радіальна індивідуально-повідцева система кріплення (рис. 3.2, а) – це система, при якій до повідця, шарнірно приєднаного до рами культиватора, кріпиться один робочий орган.

Радіальна секційна система кріплення (рис. 3.2, б) передбачає кріплення до шарнірно закріпленого повідця кількох робочих органів.

Паралелограмна система кріплення (рис. 3.2, в) – це система, при якій гряділь (секція) з робочими органами і опорним колесом кріпиться до бруса рами паралелограмним механізмом. Ця система забезпечує найкращу рівномірність глибини обробітку. До її недоліку можна віднести те, що вона складніша від одношарнірної [ ].

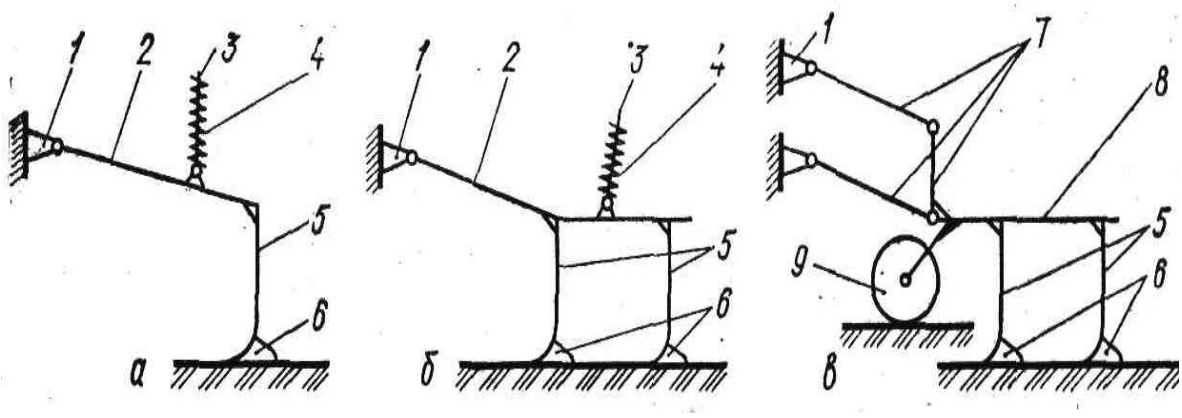


Рисунок 3.2 - Системи кріплення робочих органів культиватора:
1 – поперечний брус рами, 2 – повідець, 3 – штанга, 4 – пружина, 5-стояки,
6 – лапи, 7 – паралелограмний механізм, 8 – гряділь, 9 – опорне колесо

Культиватори для міжрядного обробітку ґрунту є універсальні і спеціальні. Серед універсальних найбільш поширені культиватори КРН різних модифікацій в залежності від ширини захвату.

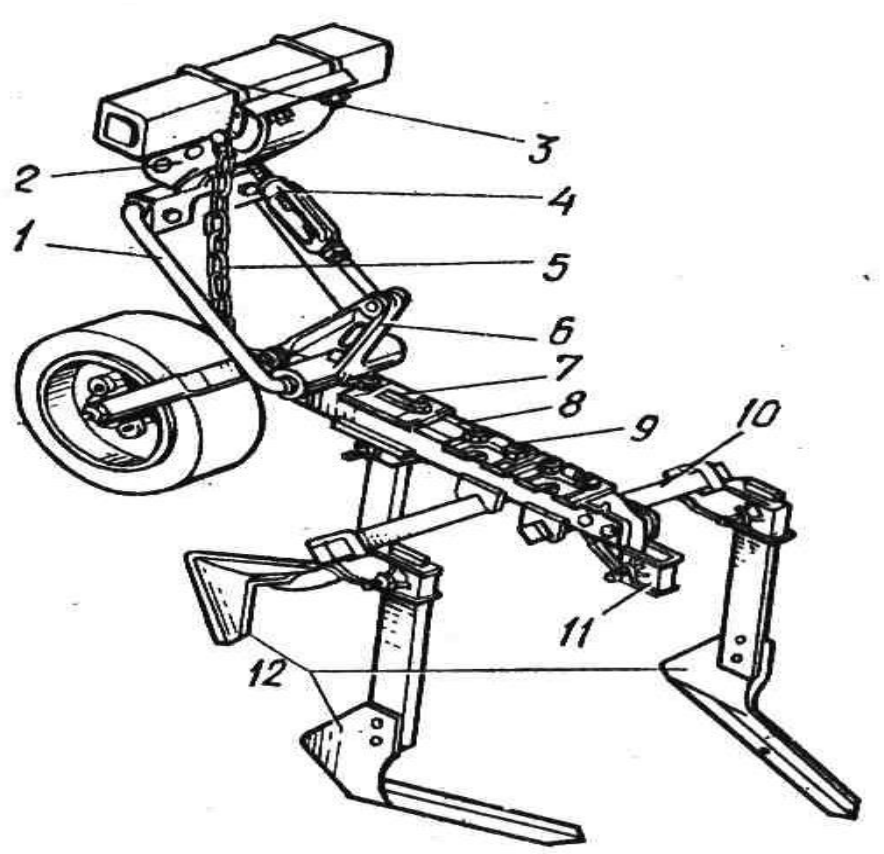


Рисунок 3.3 - Секція робочих органів культиватора КРН-4,2:
1 – нижня ланка паралелограмного механізму; 2 – передній кронштейн; 3 – скоба; 4 – натяжна гайка; 5 – транспортний ланцюг; 6 – задній кронштейн; 7 – накладка з тримачем; 8 – гряділь; 9 – накладка з призмою; 10 – стержень з боковим тримачем; 11 – задній тримач; 12 – робочі органи

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний КРН-4,2 (рис. 3.3) призначений для передпосівного обробітку ґрунту, догляду за посівами кукурудзи, соняшника та інших просапних культур, посіяних з міжряддями 60 або 70 см.

До комплекту культиватора КРН-4,2 входять такі робочі органи, як плоскорізальні однобічні лапи з шириною захвату 165 мм – 14 шт. (7 лівих і 7 правих), стрілчасті плоскорізальні лапи з шириною захвату 270 мм – 7 шт., розпушувальні зуби –19 шт., підживлювальні ножі – 12 шт. Культиватор

можна комплектувати обертовими голчастими дисками для обробітку рядків і захисних зон.

Культиватор - рослинопідживлювач КРН-4,2А комплектують додатково борознорізом, а КРН-4,2Б – підгортачами. Якщо культиватор КРН-4,2 використовують для суцільного передпосівного обробітку, його обладнують пристроєм КРН-60. Агрегатують з тракторами класу 0,9 і 1,4.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний КРН-4.2Г призначений для догляду за посівами просапних культур, посіяних шестирядними сівалками з міжряддями 70 см, за картоплею, посадженою шестирядними саджалками з міжряддями відповідно 90 та 60 см. Культиватор комплектують долотоподібними, стрілчастими, плоскорізальними однобічними лапами, підживлювальними ножами, корпусами-підгортальниками і двома секціями сітчастої борони КГН-410. Агрегатують з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л [ ].

Культиватор-рослинопідживлювач овочевий КОР-4,2 призначений для знищення бур'янів, розпушування ґрунту, підгортання і внесення мінеральних добрив при вирощуванні овочевих культур на рівній поверхні, гребнях та грядах з міжряддями 45; 60; 70; 50+90; 60+120; 8+62 і 32+32+76 см. За бажанням замовників укомплектовують полільними лапами, наплавленими або ненаплавленими твердим сплавом. Рослинопідживлювач КОР-4,2 використовують для роботи на рівній поверхні і гребнях, а КОР-4,2-0,1 - на грядах. Агрегатують з тракторами МТЗ і ЮМЗ-6Л.

Цей культиватор є модифікацією культиватора КРН-4,2. У нього рама піднята вище над поверхнею поля, що зумовило обладнання його понижувачами для секцій робочих органів і опорно-приводних коліс. Для внесення мінеральних добрив культиватор обладнують туковисівними апаратами АТД-2.

Культиватор-рослинопідживлювач універсальний начіпний КРН-5,6 призначений для міжрядного обробітку і підживлення посівів кукурудзи, соняшника та інших просапних культур, посіяних восьмирядними сівалками з міжряддями 70 см.

За будовою КРН-5,6 подібний до культиватора КРН-4,2 і має багато уніфікованих складальних одиниць. Особливістю є те, що з обох боків до поперечного бруса приєднані подовжувачі, на яких встановлено по одній секції робочих органів і одному туковисівному апарату. Якщо культиватор використовують на шестирядних посівах, то подовжувачі бруса знімають. Комплектують культиватор 9 правими і лівими однобічними полільними лапами з шириною захвату 165 мм, 9 і 16 стрілчастими полільними лапами з шириною захвату відповідно 270 та 220 мм, 25 розпушувальними лапами і 16 підживлювальними ножами. Агрегатують з тракторами МТЗ і ЮМЗ-6Л.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний широкозахватний для високостебельних культур КРН-8,4 призначений для міжрядного обробітку високостеблових культур (кукурудза, сорго, соняшник та ін.), висіяних із шириною міжрядь 60,70 і 90 см. при ширині міжрядь 60 і 70 см культиватор обробляє 12-рядні посіви, а при міжряддях 90 см – 8-рядні.

Рама складається із зварної конструкції шириною 5,6 м та двох боковин, які кріпляться до неї болтами і збільшують ширину захвату до 8,4 м.

Секції робочих органів нагадують секції робочих органів культиватора КРН-4,2. Кожна секція складається з шарнірного чотириланкового механізму, гряділя, копіювального колеса, механізму регулювання глибини ходу робочих органів і механізму фіксації секції.

Культиватор комплектують однобічними плоскорізальними, стрілчастими і долотоподібними лапами, лапами-поличками (лівими та правими) і щитками для захисту рослин від засипання ґрунтом.

Культиватор висококліренсний просапний начіпний КВП-6,3 призначений для міжрядного обробітку і підживлення кукурудзи, соняшника та інших просапних культур висотою до 2 м, посіяних стрічковим способом. Якщо висота рослин до 2 м, культиватором підрізують бур'яни і розпушують ґрунт на глибину 6-12 см. Коли висота рослин менша 70 см, додатково розпушують міжряддя на глибину до 16 см і вносять мінеральні добрива на глибину до 15 см.

На ці культиватори можуть бути встановлені ротаційні голчасті диски і рядкові прополювальні начіпні борінки КРН-38 з плоскими пружинними зубами (для обробітку рядків та захисних зон посівів кукурудзи), захисні пристрої (для запобігання присипанню рослин кукурудзи при обробітку на підвищених швидкостях), а також лапи-полиці (для присипання бур'янів шаром ґрунту у захисних зонах). Агрегатують культиватор з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л.

Культиватор-рослинопідживлювач начіпний УСМК-5,4А призначений для передпосівної підготовки ґрунту, досходового суцільного розпушування і руйнування ґрунтової кірки, міжрядного обробітку з одночасним підживленням мінеральними добривами цукрових буряків, а також інших просапних культур, посіяних дванадцятирядними буряковими сівалками з міжряддями 45 або 60 см.

Основними складальними одиницями культиватора є зварна рама із замком автозчіпки СА-1, два опорно-приводні колеса з пневматичними шинами, дванадцять секцій робочих органів, шість туковисівних апаратів АТД-2 з механізмом привода.

Основними робочими органами культиватора є полільні і долотоподібні лапи, підживлювальні ножі, ротаційні батареї та легкі начіпні борінки. Агрегатують з тракторами МТЗ, Т-54В, або Т-70С.

Культиватор-підгортальник начіпний КОН-2,8ПМ (рис. 3.4) призначений для міжрядного обробітку, підживлення і підгортання картоплі та інших культур посаджених (посіяних) чотирирядними саджалками (сівалками) з міжряддями 60 і 70 см. Агрегатують з тракторами МТЗ та ЮМЗ-6Л. Культиватор складається з рами-бруса, двох опорно-приводних коліс з пневматичними шинами, п’яти секцій робочих органів, чотирьох тарілчастих туковисівних апаратів, ланцюгової передачі і начіпного пристрою з двома секціями сітчастих борін.

Кожна секція робочих органів має паралелограмний механізм, як і у культиваторі КРН-4,2, що складається з переднього і заднього кронштейнів,

верхньої і нижньої ланок. Передній кронштейн кріпиться до рами-бруса, а до заднього прикріплюють гряділь з тримачами робочих органів і копіювальне колесо з пневматичною шиною атмосферного тиску. Конструкцією

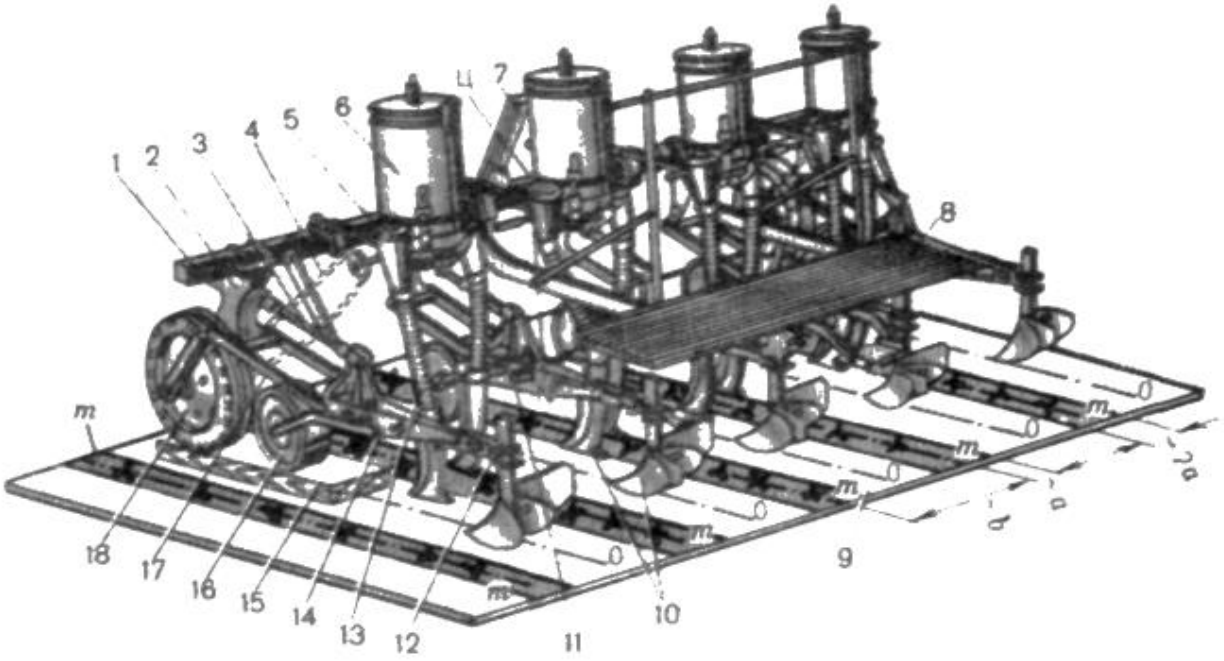


Рисунок 3.4 - Культиватор-підгортальник начіпний КОН-2,8ПМ

Рисунок 3.5 – Культиватор для міжрядного обробітку HL фірми GASPARDO

Рисунок 3.6 – Варіанти комплектування робочими органами культиватора GASPARDO

заднього тримача передбачена можливість зміни кута входження лапи у ґрунт. Кут входження у ґрунт всіх робочих органів секції регулюють зміною довжини верхньої ланки секції.

Культиватор КОН-2,8ПМ комплектують п'ятьма підгортальними корпусами, тринадцятьма долотоподібними лапами, п'ятьма стрілчастими лапами, вісьмома однобічними плоскорізальними, вісьмома підживлювальними ножами, та двома секціями сітчастої борони .

Останнім часом в Україні все більше використовують культиватори закордонного виробництва (рис. 3.5 – 3.7). Кращим представником культиваторів закордонного виробництва є культиватор PHENIX з камерою PHENIX ONYX. Культиватор може зміщуватися від осьової агрегату з амплітудою зміщення 50 см – 25 см в одну сторону і 25 в протилежну. Є можливість коригування траєкторії машини в ручному режимі (при необхідності). Для керування потрібна гідравлічна система трактора, що даватиме 20 л/хв. потоку та прямий безнапірний злив. Обладнана навіскою САТ3.

Швидкість руху по полю 3-20 км/год. За робочу добу може обробляти від 100 до 180 га робочої ділянки поля, працює навіть вночі. Для цього є

телеметрія – фара та камери.



Рисунок 3.7 – Просапний культиватор PHENIX з камерою PHENIX ONYX

Сам культиватор має Н-тип рами, що дозволяє швидко та зручно трансформувати машину, має високу міцність. Всі телескопічні елементи рами чітко розроблені для витримки бокових навантажень при роботі на швидкості. Кліренс машини один із найвищих у класі – 75 см, що дозволяє працювати з рослинами висотою до 1,1-1,2 м.

Кожен паралелограм секції оснащений системою X-Control (для безперервного регульованого притиску для оптимального копіювання рельєфу поля). Кріплення секцій за допомогою посиленого шарніра зі спеціальною сталевою віссю з конічною обробкою та подвійними полімерними кільцями, така конструкція задумана для запобіганню люфтів при бокових навантаженнях на секції.

На культиваторі використовуються робочі органи власного виробництва. Деякі елементи виконані зі сталі Hardox та сталі з високим вмістом марганцю, для високо-ресурсної роботи. Культиватор адаптується під міжряддя 45–75 см. Рамка має змінну колію: 1,6 м, 1,7 м, 1,8 м, 1,9 м і 2,0 м.

4 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Для визначення перспективних технічних рішень машин і робочих органів для міжрядного обробітку проводимо патентний аналіз.

Метою авторського свідоцтва № 1389697 (рис. 4.1) є підвищення якості обробки ґрунту в міжряддях просапних культур. Знаряддя складається з центрального бруса 1, до якого з двох сторін приєднані планки 4. Планки 4 зв'язані між собою поперечною планкою з можливістю регулювання кута їх встановлення. На кожній планці закріплені зуби 5, які можливо регулювати по висоті. Центральний брус приєднується до стояків стрілчастої лапи 7 і копіюючої лапи 8. Лапи 7 та 8 встановлюються на секції культиватора. Кожна планка виконана трубчастою. Одна з вертикальних стінок кожної планки 4, направлена до центрального бруса, має отвори для фіксації зубів 5. При обробці розвинутих рослин центральний брус встановлюють в нижнє положення так, що планки 4 лежать на поверхні ґрунту. При русі зуби 5 розпушують ґрунт і вичісують рослинні рештки. Планки 4 вирівнюють поверхню і підгортають рослини. Наявність зазору між планками 4 та центральним брусом виключає грудкуватість ґрунту. Наявність накладки виключає залипання планок 4 ґрунтом.

Пристрій для обробки ґрунту включає центральний брус, є можливість зміни кута встановлення планок, на котрих закріплені регульовані по висоті зуби і поперечну планку відрізняється тим, що з метою підвищення якості обробки ґрунту в міжряддях просапних культур, планки встановлені нижче площини центрального бруса з зазором , рівним або більшим товщини поперечної планки.

Пристрій відрізняється тим, що кожна планка виконана трубчастою, причому одна з її вертикальних стінок має отвір для фіксації зубів, друга має накладку, розташовану по довжині планки і виконану з антифрикційного матеріалу.

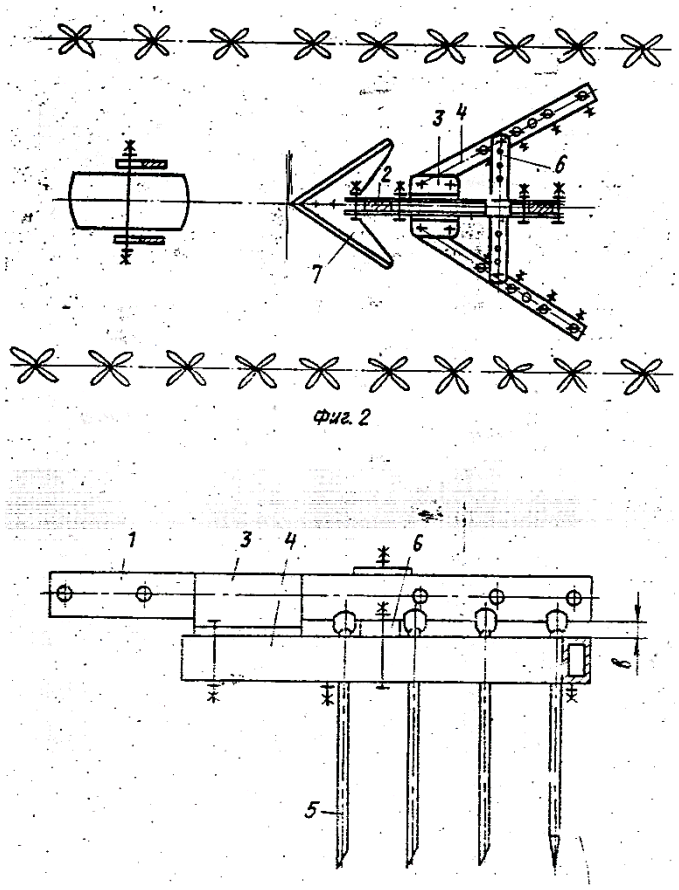


Рисунок 4.1 – Схема робочого органу культиватора за Ас. № 1389697

Авторське свідоцтво № 1611237 (рис. 4.2) (Культиватор для обробки ґрунту в міжряддях).

Мета винаходу – підвищення якості обробки ґрунту в міжряддях.

Культиватор складається з рами 1, опорних коліс 2 і лиж 3, розпушуючих лап 4 і дисків 5 з робочими елементами, виконаними у вигляді зубів. Розташування на рамі 1 послідовно одне за одним опорного колеса 2, рухомої лижі 3 та розпушувальної лапи 4, а також розташування кожної з лап 4 між двома дисками 5 покращує якість обробки ґрунту, зберігає повздовжню і поперечну стійкість знаряддя і оберігає рослини від засипання ґрунтом.

Культиватор працює наступним чином. В процесі роботи лапи 4 і зуби 6 дисків 5 виконують розпушення ґрунту між рядками рослин, при цьому суцільні диски розташовані по боковим сторонам кожної розпушувальної лапи 4, оберігають рослини від засипання ґрунтом.

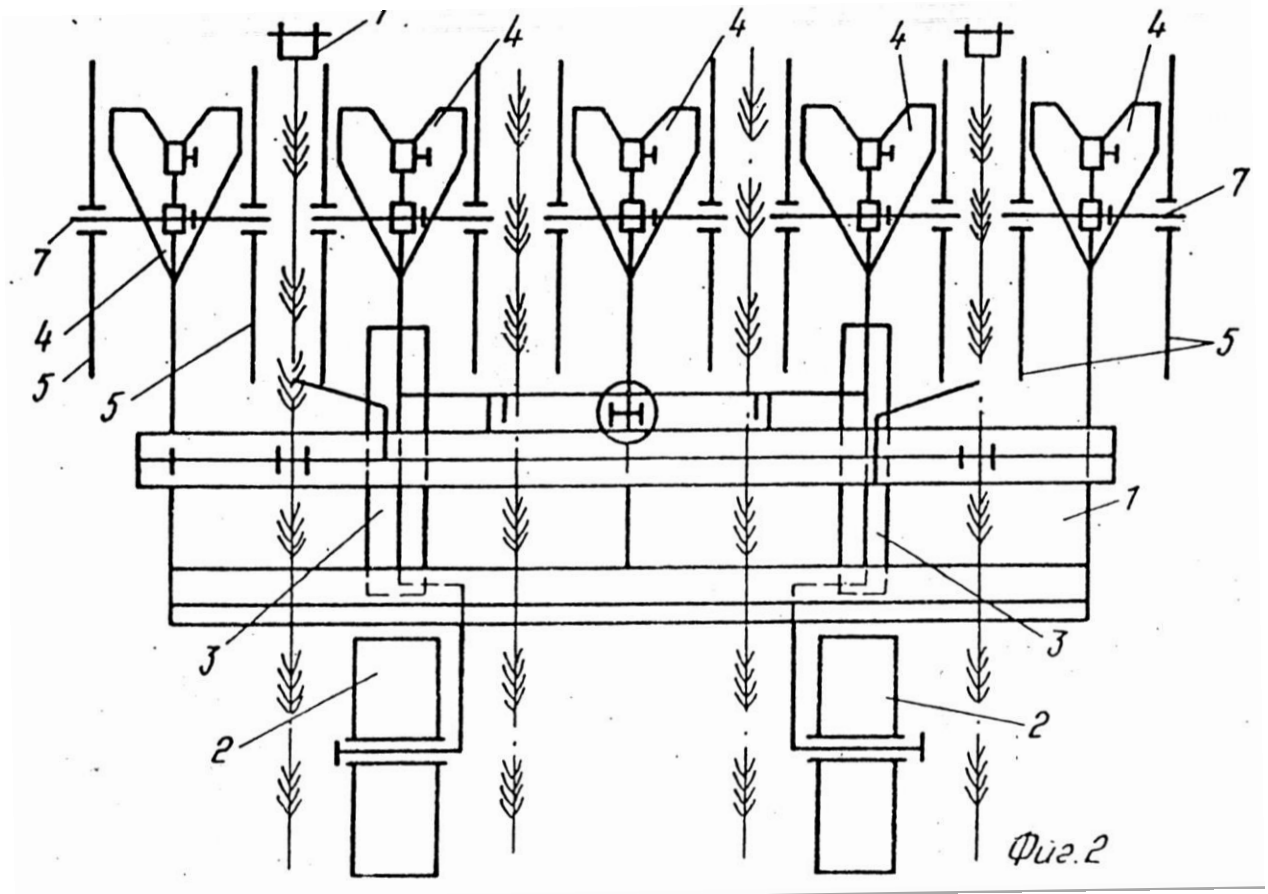


Рисунок 4.2 – Схема культиватора для міжрядного обробітку рослин за Ас. № 1611237

При русі культиватора встановлені з переду опорні колеса 2 готують прикочене ложе для лиж, що йдуть слідом, надійно утримуючі робочі органи на попередньо заданій глибині і зберігають повздовжню і поперечну стійкість знаряддя, покращуючи тим самим якість обробки посівів. При цьому розпушувальні лапи 4, розміщені за кожною з опорних лиж, виконують розпушення ґрунту, ущільненого опорними колесами і лижами. Завдяки цьому покращується якість обробки ґрунту в міжряддях.

Даний культиватор відрізняється тим, що метою підвищення якості обробки ґрунту, культиватор обладнаний опорними лижами, кожна з яких змонтована на рамі між опорним колесом і розпушувальною лапою на одній повздовжній осі з ними.

Культиватор відрізняється тим, що робочі елементи дисків виконані у вигляді зубів.

Авторське свідоцтво № 1657081 (рис. 4.3) (Спосіб боротьби з бур'янами в захисних зонах рослин просапних культур).

Мета винаходу – зниження укорінення бур'янів. Перед присипанням бур'янів ґрунтом їх стебла піддають дії зминання і травмування. Пристрій для обробки захисної зони виконано у вигляді встановленого на рамі 1 пружного повідка 8 котка 9. Останній має на ободі встановлені під кутом до напрямку руху ріжучі пластини 12. При роботі коток 9 рухаючись в захисній зоні, зминає і травмує стебла бур'янів.

Пристрій для виконання способу містить раму культиватора 1, опорні колеса 2 зі стояками 3, гряділь 4, на котрому встановлена стрілчаста лапа 5 і розташовані на ній лапи – відвальники 6. На рамі 1, закріплені кронштейни 7, що мають можливість переміщення в поперечному напрямку.

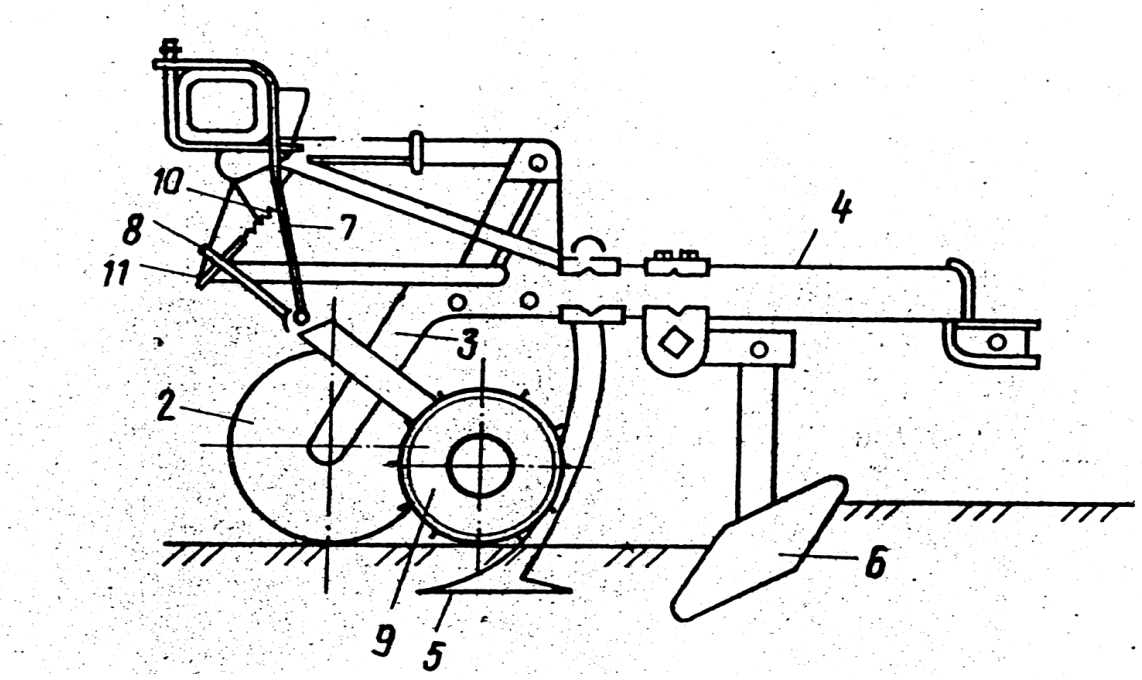


Рисунок 4.3 – Схема просапного культиватора за Ас. № 1657081

До кронштейнів 7 кріпиться важіль 8. На нижньому кінці важеля 8 встановлений каток 9, верхній підтримується пружиною 10. За допомогою пружини регулюють ступінь тиску котка на ґрунт за запомогою регулювального гвинта 11. Ширина ободу котка рівна ширині захисної зони.

На ободі котка під кутом до напрямку руху встановлені ріжучі пластини 12.

Встановлено, що при застосуванні запропонованого способу чисельність малорічних бур'янів скоротилася до одного на 1 м^2 проти чотирьох штук при відомому способі.

Авторське свідоцтво № 1424750 (рис. 4.4) (Пристрій для знищення бур'янів в рядках рослин).

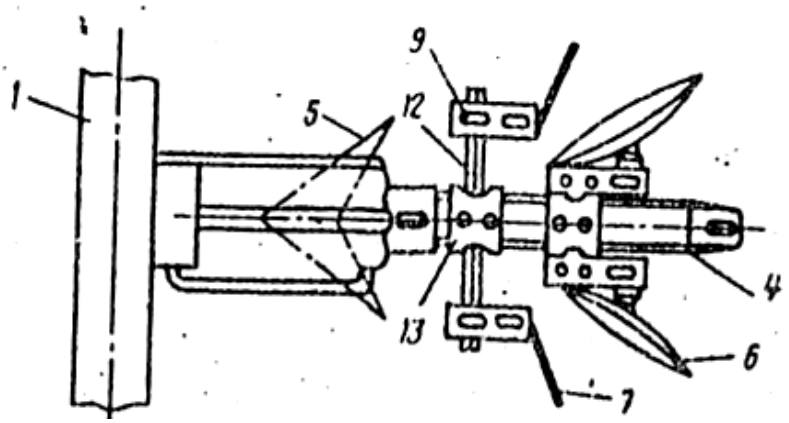


Рисунок 4.4 - Пристрій для знищення бур'янів в рядках рослин за Ас. № 1424750

Мета винаходу – збільшення щільності знищення бур'янів. Пристрій для знищення бур'янів в рядках рослин включає встановлені на рамі 1 плоскоріжучий робочий орган 5, пружні елементи 7 і розташовані за ними загортачі 6. Пластини 7 встановлені із зміщенням в поперечному напрямку на половину ширини захвату плоскоріжучого робочого органу 5. При русі пристрою пластини 7 пригинають бур'яни до землі, а загортачі 6 присипають їх ґрунтом.

Кронштейни 8 встановлені в тримачах 9 за допомогою гвинтів 10 з можливістю регулювання висоти встановлення пружних пластин 7.

Тримачі 9 скобами 11 закріплені на поперечній штанзі 12 з можливістю переміщення на ній. Штанга 12 шляхом накладки з призмою 13 змонтована на граділі 4 з можливістю переміщення по ньому в повздовжньому напрямку.

Жорсткість пружних пластин 7 вибирається такою, що при їх взаємодії з бур'янами останні нахиляли їх. При русі плоскоріжучий робочий орган 5 знищує буряки, що ростуть в міжрядді.

Пружна пластина 7 нахиляє буряки, що ростуть в рядку в захисній зоні, а дисковий загортач 6 присипає їх ґрунтовим валиком. Нахилені бур'яни, висота котрих менше висоти встановлення пластини 7, також присипаються, так як, висота нижче висоти профілю ґрунтового валика. Культурні рослини при цьому не нахиляються і не травмуються, так як жорсткість стебла до моменту обробки набагато перевищує жорсткість стебла бур'янів.

Авторське свідоцтво № 1516018 (рис. 4.5) (Знаряддя для міжрядного обробітку просапних культур).

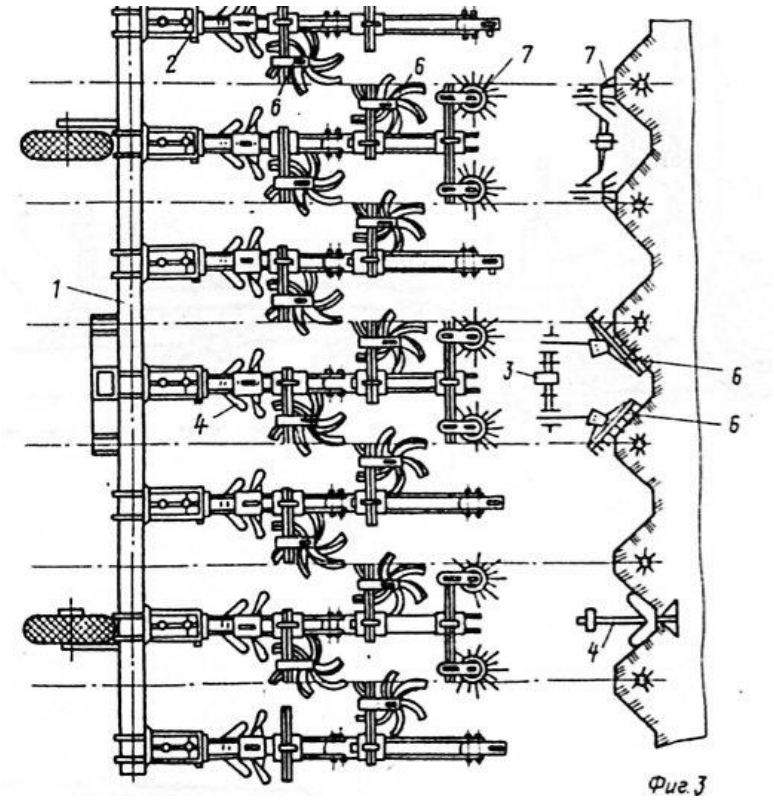


Рисунок 4.5 - Знаряддя для міжрядного обробітку просапних культур за Ас. № 1516018

Мета винаходу – покращення якості обробітку ґрунту з підвищенням ступеня знищення бур'янів.

Знаряддя обладнане встановленими попарно на гряділях 3 секцій 2 позаду і збоку від ротаційних робочих органів 6 додатковими 7 ротаційними робочими органами. Кожний з них встановлений на вертикальній осі, виконаній у вигляді фланця з пружними зубами 9, окучники 4 встановлені перед робочими органами 6. Кожний пружинний зуб 9 встановлений на фланці за допомогою двох пружин кручення. Пружини мають перетинаючися і перпендикулярні одна від одної осі. Робочі органи 6 відключені від вертикалі на кут 7-13°. Окучники виконані у вигляді стрілчастих лап з відвальчиками 5. При русі в міжрядді лапи 4 розпушують дно борозни, відвальчики 5 відкидають грунт на схили. Робочі органи 6 і 7, обертаючись від сил реакції грунту, знищують бур'яни і подрібнюють ґрунт на схилах і на вершині гребня.

Знаряддя працює наступним чином. При русі по міжряддях стрілчасті лапи 4 розпушують дно борізд, відвальчики 5 відкидають на схилах ґрунт, розпушений стрілчастими лапами 4. Ротаційні робочі органи 6, обертаючись від сил реакції ґрунту, знищують бур'яни і подрібнюють ґрунт на схилах гребня, формуючи його відкоси. Додаткові робочі органи 7, обертаючись від сил реакції ґрунту, знищують бур'яни на вершині гребня, розрихлюючи і формуючи вершину гребня.

Авторське свідоцтво № 948307 (рис. 4.6) (Знаряддя для міжрядного обробітку просапних культур).

Мета винаходу – підвищення якості обробки . Це досягається тим, що пристрій обладнано розташованою за другою парою лап фрезою для обробітку ґрунту на глибині, рівній глибині обробітку першою парою лап.

Пристрій складається з рами 1 і встановлених на ній зі зміщенням по глибині першої 2 пари лап з відвалами і другою 3 пари лап з відвалами.

Перша пара лап розташована вище другої і відвали її нахилені до рядків.

За другою парою лап розташована фреза 4, котра встановлена на глибині, рівні глибині обробки першою парою лап.

Пристрій працює наступним чином.

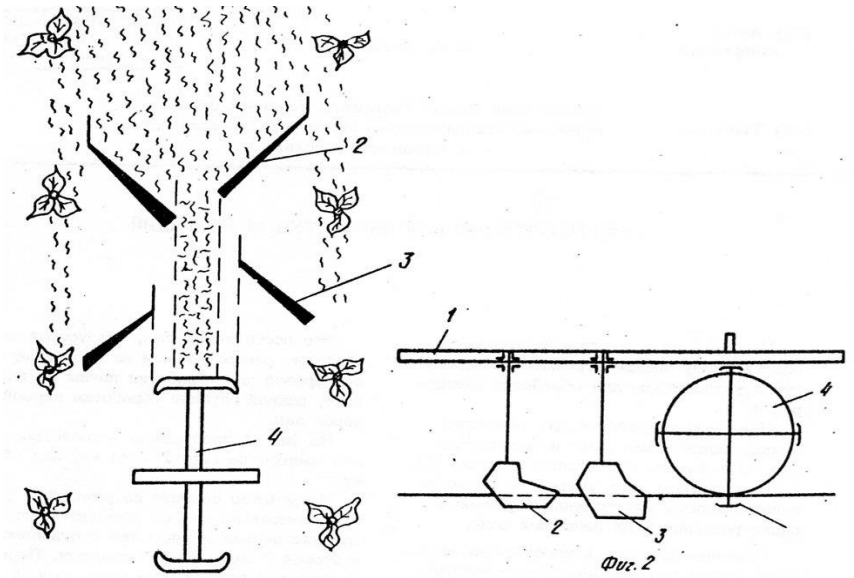


Рисунок 4.6 - Знаряддя для міжрядного обробітку просапних культур за Ас. № 948307

В процесі руху пристрою перша пара лап підрізає шар ґрунту разом з бур'янами в міжрядді і зміщує їх на середину міжряддя, розташовуючи у вигляді гребня. Після цього друга пара лап, ріжучі крайки котрих встановлені нижче першої пари лап, підрізає ґрунт, розташований під раніше знятим шаром і направляє в рядок і його захисну зону для присипання бур'янів, що там з'явилися.

Створений в міжрядді гребінь з бур'янів і ґрунту обробляється фрезою 4, зминаючи бур'яни, що розташовуються в гребні, а оброблений ґрунт гребня розкидається в міжрядді. Використання винаходу дозволяє повністю знищити бур'яни на плантаціях культурних рослин, що вирощуються розсадним способом, і виключають застосування ручної праці

Аналіз патентної та науково технічної літератури показав, що існує ряд технічних рішень направлених на покращення якості обробки ґрунту в міжряддях і зниження укорінення бур'янів.

5 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОСАПНОГО ФРЕЗЕРНО-ЛАПОВОГО КУЛЬТИВАТОРА

Оцінюючим показником роботи просапних культиваторів під час обробки міжрядь і захисних зон цукрових буряків, є ширина необробленої лінії в зоні росту рослин.

Виробничий досвід по вирощуванню цукрових буряків показує, що існуючі серійні культиватори в нашій країні обробляють, в основному, ґрунт в міжряддях з технологічною захисною смугою 160–200 мм, або не більше 65 % всієї площі міжрядь.

На іншій частині площі (до 35 %), бур'яни знищуються за допомогою хімічних засобів захисту рослин - гербіцидів та вручну. При цьому дослідженнями багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених встановлено, що максимальний ефект від механічного обробітку ґрунту досягається в початковий період вегетації цукрових буряків.

Під час обробки захисних зон виникає проблема близького проходу робочого органу до рослини. З цієї сторони, при використанні серійної техніки та знарядь, відбувається зсув ґрунту разом з рослинами, пошкоджується коренева система, здійснюється загальне пригнічення рослини.

З другої сторони, при використанні захисних дисків, здійснюється відрізання ґрунту від зони живлення і росту рослин, хоча ґрунтова кірка і бур`яни при цьому не знищуються. І в третє - під час обробітку рослин на початкових етапах вегетації, повинна бути висока стабільність глибини рихлення за рахунок копіювання мікрорельєфу міжрядь.

Існуючі конструкції культиваторів як правило не вирішують поставлених завдань, тому необхідно змінити конструкцію секції.

Для обробітку зони росту рослин в рядках і створення шару ґрунту з повним знищенням бур'янів, запропоновано використання робочого органу вдосконаленого фрезерного типу.

Оскільки при обробці ґрунту в центрі міжрядь пасивними робочими органами, задовольняються основні агротехнічні вимоги, секцію культиватора запропоновано виготовити комбінованою. З метою кращого копіювання ґрунтової поверхні запропоновано використати балансуючу підвіску.

Фрезерно-лаповий культиватор виконано (листи графічної частини проєкту), на базі рами культиватора УСМК-5,4А, на який встановлено 12 секцій комбінованого типу, з двома фрезерними барабанами і гряділем, на якому встановлено навісні робочі органи. Фрезерний барабан культиватора приводиться в обертовий рух через вал, на кінці якого встановлюються змінні зірочки, які передають обертовий рух через ланцюгову передачу на зірочку, вали приводу секції і ланцюгову передачу редуктора.

Для забезпечення копіювання щілин, утворених в ґрунті при сівбі, встановлюється два орієнтатори по центру третього і дев`ятого міжрядь конструкції НВО "Буряк" на раму культиватора. Конструкція культиватора передбачає регулювання відстані установки орієнтатора відносно розпушувальних робочих органів. Копіювання мікрорельєфу ґрунту культиватором здійснюється за рахунок встановлення регулюючих опорних копіювальних коліс.

Секція фрезерно-лапового культиватора має робочі органи активного і пасивного типів, редуктор запозичений від проріджувачів чехословацького виробництва 6-ИЕЦ3 і кріпиться через стояк до рами культиватора. Гряділь з талрепом, редуктором з'єднується стояком. Фрезерні барабани закриваються кожухами, які кріпляться попарно кільцем на редукторі в одній точці, а в другій – упором на гряділі. Для більш точного копіювання мікрорельєфу, секції дообладнуються балансуючою підвіскою, де на кронштейнах мають насічки для встановлення під різним кутами один

відносно другого, що дає можливість встановлювати глибину обробітку ґрунту фрезерним барабаном і навісними робочими органами. Пасивними робочими органами можуть бути стрілчасті лапи, односторонні або спарені плоскоріжучі лапи.

В конструкції фрезерно-лапового культиватора передбачене регулювання установчої захисної зони рядка. Для цього фрезерні робочі органи переміщують на валу і фіксують штопорами, установча захисна зона на культиваторі регулюється в межах 55–120 мм.

Агрегатується фрезерно-лаповий культиватор з трактором силовою тягою 14 кН та 20 кН. Під час рихлення ґрунту в міжряддях, щоб дати можливість вільного переміщення поперечного культиватора, звільняються стяжки підвіски трактора.

Параметри, що змінюються під час роботи МТА:

- поступальна швидкість, V_n;
- частота обертання фрез барабану, n;
- інтенсивність зміни кривизни рядків, $W_к$;
- величина установчої захисної зони, в.

Параметри, що будуть визначатися:

- поступальна швидкість, V_n;
- кінематичний режим руху, λ;
- середнє квадратичне відхилення робочих органів і орієнтатора від умовної осьової лінії рядка, τ;
- коефіцієнт варіації глибини обробітку ґрунту, $V_п$;
- коефіцієнт кришення ґрунту, $К_к$;
- ступінь знищення бур`янів, $U_р$;
- ступінь пошкодження культурних рослин, $К_п$.

За даними показниками проводимо розрахунки і розробку креслень відповідних вузлів і деталей.

6 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

6.1 Технологічний розрахунок копіювального механізму секції

З літературних джерел відомо, що зменшення захисних зон при обробці ґрунту в міжряддях цукрових буряків - важливий резерв боротьби з бур`янами механічним методом. Між тим, проблема звужування захисних зон (підхід до рослини на близьку відстань), тісно пов'язана з правильним вибором глибини рихлення та її рівномірність.

Глибина рихлення повинна задовольняти агротехнічні вимоги і обумовлюється двома основними факторами: вірівняністю поверхні ґрунту і величиною занурення опорно-копіювальних коліс в ґрунті. Спільна глибина рихлення буде становити:

$$X = f(x_1, x_2, x_3),$$

де відповідно x_1, x_2, та x_3 – значення вирівняності поверхні ґрунту, глибини сліду опорно-копіювальних коліс і відстані від опорної точки колеса до нижньої кромки робочого органу.

Як відомо з літературних джерел, перші два значення завжди носять імовірнісний характер і розподіл їх величин підлягає нормальному закону розподілення, а x_3 чим ближче до постійної величини, тим менше відстань l від опорної точки колеса до нижньої кромки робочого органу, то якщо $L = 0$, то середнє квадратичне відхилення σx_3 величини x_3, також наближається до нуля. В спільному ж випадку, що відносяться до конструкційної компоновки робочих органів секцій сучасних бурякових машин, де l складає не менше 300 мм, x_3 також носить імовірнісній характер і вкладається в схему нормального закону розподілення.

Таким чином, під час визначення перемінних х, потрібно використовувати одне з правил теорії ймовірності. - композиції трьох законів розподілу. В даному випадку немає практичної потреби описувати

їх композиції і шукати один спільний закон розподілу. Достатньо оперувати середніми значеннями величин і їх середніми квадратичними відхиленнями [13]. При цьому використовуємо відомі правила теорії ймовірності:

$$\bar{x} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 \qquad (6.1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_{X1}^2 + \sigma_{X_2}^2 + \sigma^2{}_{X_3}}; \qquad (6.2)$$

де X і $\sigma_{\bar{X}}$ - середнє і середнє квадратичне значення глибини рихлення.

Розглянемо приклад вибору відстані від опорної точки колеса до нижньої кромки робочого органу X_3 і глибини рихлення X в залежності від отриманих в досліді конкретних даних. Спочатку визначимо мінімально допустиму величину відстані від опорної точки колеса до нижньої кромки робочого органу. Нехай вирівняність поверхні поля змінюється від 0 до 20 мм, тобто:

$$X_{1\,min} = 0 \qquad X_{1\,max} = 20 \text{ мм}$$

Тоді

$$\bar{X}_1 = \frac{X_{1max} - X_{1min}}{2} = \frac{20-0}{2} = 10 \text{ мм}, \qquad (6.3)$$

$$\sigma_x = 1\frac{X_{1max} - X_{1min}}{6} = \frac{20-0}{6} = 3{,}3 \text{ мм}. \qquad (6.4)$$

Одночасно глибина занурення коліс у ґрунт становитиме:

$$X_{2\,min} = 0 \qquad X_{2\,max} = 15 \text{ мм}$$

Тоді

$$\bar{X}_2 = \frac{X_{2max} - X_{1min}}{2} = \frac{15-0}{2} = 7{,}5 \text{ мм}$$

$$\sigma_{x2} = \frac{15-0}{6} = 2{,}5 \text{ мм}.$$

Відповідно

$$К = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 = 10 + 7,5 = 17,5 \text{ мм},$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_{\bar{x}1}^{\ 2} + \sigma_{\bar{x}2}^{\ 2}} = \sqrt{3,3^2 + 2,5^2} = 4,14 \text{ мм}. \quad (6.5)$$

Таким чином, отримане значення К - це мінімальна величина відстані від опорної точки колеса до нижньої кромки робочого органу. Якщо ця величина буде ще менше, появляться ділянки не розрихленого ґрунту і незнищених бур'янів. Щоб вибрати фактичну віддаль, збільшуємо показник К на 5-15 мм (менше значення для різних періодів знищення бур'янів, а більше для пізніх бур'янів).

З врахуванням цього приймаємо:

$$X_З = 17,5 + 5 = 22,5 \text{ мм}.$$

Отримані значення підставляємо у вираз (4.1) і відповідно отримуємо:

$$\bar{X} = 10 + 7,5 + 22,5 = 40 \text{ мм}.$$

Як було вище сказано, σ_{x3} може прийняти значення - $\sigma\bar{x}$, тоді для першого випадку (частково), коли $\sigma_{x3} = 0$, то

$$\sigma\bar{x} = \sqrt{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2} = \sqrt{17,14} = 4,14 \text{ мм},$$

для другого (спільного) показника, де $\sigma\bar{x}_3$, приймаємо рівним $0,5\,\sigma\bar{x}_1$, тоді відповідно рішення буде мати вигляд:

$$\sigma\bar{x} = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{X}_2}^2 + 5\left(\sigma_{\bar{X}1}^{\ 2} + \sigma_{\bar{X}2}^{\ 2}\right)} =$$

$$\sqrt{15(\sigma_{\bar{X}_1^2} + \sigma_{\bar{X}_2^2}} = \sqrt{15 \cdot 17,14} = \sqrt{25,71} = 5мм \quad (6.6)$$

Визначивши таким чином числові характеристики ($\overline{X}$ та $\sigma_{\bar{X}}$), глибини рихлення міжрядь, знайдемо величину захисної зони рядка.

На основі літературних джерел, кут відколу при сколюванні ґрунту приймаємо рівним 60^0, а мінімальні відстані підходу до рослин, орієнтуючись на захисні диски 5 мм. Користуючись графічною залежністю, при визначенні величини захисної зони, приймаємо до уваги не середнє значення глибини рихлення, а максимальне, рівне згідно правилу трьох

сил:

$$X_{max} = X + 3\sigma\vec{x} = 40 + 3 \cdot 5 = 55 \text{ мм.} \quad (6.7)$$

Таким чином, для данного випадку величина захисної зони становитиме 65 мм (спільна на обидві сторони).

На основі цього можна рекомендувати таку схему вибору захисної зони в залежності від глибини рихлення ґрунту:

- визначити числові характеристики вирівняності поверхні ґрунту в зоні проходу опорно-копіювальних коліс, а також глибину колії від копіювальних коліс при проході агрегату 10-20 м в загоні;

- заміряти максимальну відстань від опорної точки колеса до нижньої точки робочого органу культиватора;

- встановити фактичну величину цієї відстані, числові характеристики глибини рихлення;

- по графічній залежності знайти потрібну величину захисної зони, яку потрібно проектувати з урахуванням ширини і прямолінійності рядків, точності ведення машинно-тракторних агрегатів в міжрядді.

6.2 Вибір діаметру фрези і кінематичного режиму

Під час визначення мінімального радіусу, виходячи з надійності конструкції, можливого розташування необхідної кількості ножів на маточині Z_1, заданої глибини обробітку ґрунту h і вирівняності ґрунту в зоні обробітку Δh. Тоді радіус фрез барабана визначаємо по формулі [11];

$$R = r_{ct} + h + \Delta h; \quad (6.8)$$

де r_{ct} – радіус маточини, мм;

R – радіус фрез барабану, мм

Вибір r_{ct} здійснюється із розрахунку величини радіусу кінця встановлення ножів r_b і довжини їх стояка b, необхідної до закріплення до маточини:

$$r_{ct} = r_y + b; \quad (6.9)$$

Базою встановлення кінця стояка ножів служить втулка валу приводу фрезерного барабану і повинна виконуватись наступна умова:

$$r_y \geq r_b + \Delta C_1 ; \quad (6.10)$$

де ΔC_1 – монтажний зазор між зовнішнім радіусом втулки і кінцем стояка ножа, мм;

r_b – радіус втулки, мм

Тоді під час виконання умов радіус кінця встановлення ножів буде становити;

$$r_y = \frac{b_2 + \Delta C_2}{2 \sin \frac{\pi}{z}} ; \quad (6.11)$$

де b_2 – ширина стояка ножа, мм

ΔC_2 – монтажний зазор між кінцями стояків ножів, мм

z – кількість односторонніх Г-подібних ножів

Визначаємо мінімальний радіус фрезерного барабану:

$$R_{min} = \frac{b_2 + \Delta C_2}{2 \sin \frac{\pi}{z}} + b + h + \Delta h; \quad (6.12)$$

$$R_{min} = \frac{30 + 2}{2 \sin \frac{\pi}{6}} + 30 + 40 + 20 = 1200 \text{ мм.}$$

Визначаємо подачі на ніж:

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\lambda \cdot z}; \quad (6.13)$$

де λ – кінематичний режим (відношення швидкості обертання фрезерного барабану до поступальної швидкості агрегату).

$\lambda = 2,6$ [10]

$$S = \frac{2\pi \cdot 120}{2{,}6 \cdot 6} = 48 \text{ мм.}$$

6.3 Визначення сили і потужності при роботі фрез

Для визначення сили різання ножа фрези визначаємо середні параметри питомого опору ґрунту різанню, подачі на один ніж і ширини стружки:

$$P = p \odot s \odot b \qquad (6.14)$$

де p – середній опір ґрунту різанню, кН/м^2;

s – подача на один ніж, м;

b – ширина стружки, м.

Визначаємо питомий опір різанню по формулі:

$$P = k + k_v \odot V_{різ}; \qquad (6.15)$$

де $V_{різ}$ – швидкість різання, м/с;

$$V_{різ} = V_n + V_{опр}; \qquad (6.16)$$

$$V_{опр} = 2\pi R \qquad (6.17)$$

$$V_{опр} = 2\pi \odot 3{,}2 \odot 0{,}120 = 2{,}51 \text{ м/с}$$

так, як для фрезерного культиватора $V_n = 1{,}4$ м то

$$V_{різ} = 2{,}5 - 1{,}4 = 1{,}11 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив швидкості різання для поверхневого рихлення ґрунту під цукрові буряки буде дорівнювати h = 0,13 [19];

$$P = 56 + 0{,}13 \odot 1{,}11 = 56{,}1 \text{ кН/м}^2$$

Тоді

$$P = 56{,}1 \cdot 0{,}048 \cdot 0{,}08 = 0{,}215 \text{ кН.}$$

Визначення потужності під час роботи фрези починаємо з розрахунку складових:

$$N = N_f + N_{OT} + (N_f + N_{OT})(1 - \eta) + N_{пер}; \quad (6.18)$$

де N_f – потужність витрачена на фрезування ґрунту, кВт;

N_{OT} – потужність витрачена на відкидання ґрунту, кВт;

$N_{пер}$ – потужність, витрачена на переміщення фрези, кВт;

η – ККД передачі від трактора до фрези.

Потужність витрачену на фрезування встановлюємо за наступною формулою:

$$N_f = \frac{V_{опр} \cdot V_n}{V_{опр}} \cdot \frac{(pb + k_1 b)Shnz}{3{,}6}; \quad (6.19)$$

де k_1 – питомий опір, кН/м^2; $k_1 = 45$ кН/м^2

S – товщина ножа, S = 6 мм;

Підставляючи дані в формулу 4.19 отримуємо:

$$N_f = \frac{2{,}51 - 1{,}4}{2{,}51} \cdot \frac{(56 \cdot 0{,}08 + 45 \cdot 0{,}06)0{,}048 \cdot 0{,}4 \cdot 6}{3{,}6} = 0{,}21 \text{ кВт}$$

Потужність витрачена на скидання ґрунту, визначається за формулою:

$$N_{OT} = \frac{k_0 Bza\gamma V_{окр}^2 V_n}{2 \cdot 3.6 \cdot g}; \quad (6.20)$$

де k_0 – коефіцієнт, залежний від форми робочих органів (k_0 = 0,85-10);

B – ширина захвату фрези, м;

γ - об`ємна маса грунту, 0,6 кН/м$_3$

Підставляючи дані в наведену формулу отримуємо:

$$N_{OT} = \frac{1 \cdot 0{,}08 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 0{,}6 \cdot 2{,}51^2 \cdot 1{,}4}{2 \cdot 3{,}6 \cdot 9{,}91} = 0{,}86 \text{ кВт}$$

Потужність витрачена на переміщення фрези, визначаємо в залежності горизонтальних складових сумарного опору:

$$N_{пер} = \frac{V_n \cdot P_k}{3.6}; \quad (6.21)$$

де $P_к$ – горизонтальна складова сумарного опору;

$$N_{пер} = \frac{1,4 \cdot 1,2}{3,6} = 0,47 \text{ кВт}$$

Звідси:

$$N = 0,21 \cdot 24 + 0,86 + (0,28 \cdot 24 + 0,86)(1 - 0,9) - 0,47 = 6,02 \text{ кВт}$$

На одну секцію потужність через редуктор становитиме:

$$N_e = 0,28 + \frac{0,86}{24} = 0,25 \text{ кВт}. \quad (6.22)$$

6.4 Розрахунок ланцюгової передачі

Ланцюгова передача розташована в редукторі приводу фрези. Передаюча потужність становить N = 0,25 кВт. Частота обертання ведучої та веденої зірочок становитиме:

$$n_1 = n_2 = 194 \text{ об/хв}.$$

Визначаємо крок ланцюга з умови [12]:

$$t = 2.8\sqrt{\frac{T_1 K_e}{Z \cdot [\rho] \cdot m}}; \quad (6.23)$$

де T_1 – обертовий момент на валу меншої зірочки, Н·мм;

z - число зубів тієї ж зірочки;

[ρ] – допустимий тиск на одиницю проекції опорної поверхні шарніру, МПа; ρ = 29 МПа;

m - число рядів ланцюга;

K_e – коефіцієнт, який враховує умови монтажу і експлуатації ланцюгової передачі;

$$K_e = k_g \cdot k_a \cdot k_н \cdot k_p \cdot k_{см} \cdot k_n; \quad (6.24)$$

де k_g – динамічний коефіцієнт, k_g = 1;

k_a – коефіцієнт, що враховує вплив міжосьової віддалі, k_a = 1;

$k_н$ – коефіцієнт, який залежить від натягу ланцюга, $k_Н = 1$;

$k_р$ – коефіцієнт, який залежить від способу регулювання робочого органу, $k_р = 1$;

$k_{см}$ – коефіцієнт, який залежить від способу змащування, $k_{см} = 1,4$;

$k_п$ - коефіцієнт періодичності роботи передачі, $k_п = 1,25$;

$$К_е = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1,75$$

Крутний момент робочого органу становитиме:

$$Т_1 = \frac{30 \cdot N_e}{\pi \cdot n}; \qquad (6.25)$$

$$Т_1 = \frac{30 \cdot 0,25}{\pi \cdot 194} = 0,012 \text{ кНм} = 12 \cdot 10^3 \text{ Нмм}$$

Знаходимо крок ланцюга:

$$t = 2,8 \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 10^3}{17 \cdot 29,1}} = 8,12 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче більше значення:

$$t = 9,525 \text{ мм} \quad [19]$$

Проекція опорної поверхні шарніру становить:

$$А_{оп} = 28,1 \text{ мм}^2$$

Руйнуюче навантаження:

$$Q = 9,1 \text{ кН}; \qquad g = 0,45 \text{ кг/м}$$

Перевіримо ланцюг по двох показниках:

а) по частоті обертання допускається для ланцюга:

$t = 9,525$ мм, частота обертання $[h_1] = 1250$ об/хв, умова $n_1 \leq [h_1]$ виконана [19];

б) по тиску в шарнірах при $h_1 = 194$ об/хв, $[\rho] = 29$ МПа.

Розрахунковий тиск:

$$P = \frac{F_t \cdot K_e}{A_{ОП}}; \quad (6.26)$$

Тут $$F_t = \frac{N_E}{V}; \quad (6.27)$$

Де $$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}; \quad (6.28)$$

$$V = \frac{17 \cdot 9{,}525 \cdot 194}{60 \cdot 10^3} = 0{,}52 \text{ м/с}$$

$$F_t = \frac{250}{0{,}52} = 28{,}4 \text{ МПа}$$

Умова $\rho \leq [\rho]$ виконується

Визначаємо число ланок ланцюга.

Розраховуємо сумарне число зубів:

$$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2; \quad (6.29)$$

$$Z_\Sigma = 17 + 17 = 34$$

Тоді за формулою число ланок ланцюга [19] буде становити:

$$L_t = 2at + 0.52_\Sigma; \quad (6.30)$$

де at – міжосьова віддаль, at = 390 мм;

$$L_t = 2390 + 0{,}5 \odot 34 = 797 \text{ ланок}$$

Для вільного провисання ланцюга передбачено продовження ланцюга на 0,4 %, тобто:

$$797 \odot 0{,}004 = 3{,}18 \text{ ланок}$$

Тоді спільна кількість ланок складає 800,18, заокруглюючи це число отримуємо:

$$L_t = 802 \text{ ланки}$$

Визначаємо діаметр ділильної окружності ведучої та веденої зірочок по формулі:

$$d_D = \frac{t}{\sin\frac{180}{z}}; \qquad (6.31)$$

$$d_D = \frac{9{,}525}{\sin\frac{180}{17}} = 51{,}8 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметр зовнішніх окружностей зірочок:

$$D_e = t(\operatorname{ctg}\frac{180}{z} + 0.7) - 0.31d; \qquad (6.32)$$

де d – діаметр ролика ланцюга, d = 6,35 мм, тоді

$$D_e = 9{,}525(\operatorname{ctg}\frac{170}{17} + 0{,}7) - 0{,}31 \cdot 6{,}35 = 55{,}6 \text{ мм}$$

Визначаємо сили, що діють на ланцюг:

- відцентрові:

$$F_V = gV^2 = 0.45 \odot 0.52^2 = 0{,}12 \text{ Н}$$

- від провисання ланцюга:

$$F_\rho = 9{,}81\ k tg_a = 9.81 \odot 1.50{,}450{,}39 = 258 \text{ Н}$$

Розрахункове навантаження на вали:

$$F_b = F_t + 2F_f = 481 + 2 \odot 2{,}58 = 486{,}2 \text{ Н}$$

Перевіряємо коефіцієнт запасу міцності S за наступною формулою:

$$S = \frac{Q}{k_R \cdot F_t + F_V + F_f}; \qquad (6.33)$$

$$S = \frac{9{,}1 \cdot 10^3}{1 \cdot 481 + 0{,}12 + 2{,}58} = 18{,}8;$$

Нормативний коефіцієнт запасу [19] міцності [S] = 7,9 [14], умова $S \geq [S]$ виконана.

По проведених розрахунках розробляємо конструкцію вузлів і деталей для фрезерно-лапового культиватора.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Організація робіт з охорони праці

Організація роботи з охорони праці щодо технічного обслуговування машинно-тракторного парку у господарствах і на підприємствах покладається на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування на безпосередніх керівників цих підрозділів.

Особи, відповідальні за дотримання правил техніки безпеки і охорони праці (інженери з експлуатації, механіки, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, до електро-газозварювальних, ковальських і інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;
- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огороджень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідній ділянці роботи;
- вимагати дотримання штатними працівниками і особами, що працюють за трудовою угодою, правил та інструкцій з техніки безпеки, строго стежити за дотриманням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів;
- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи.

Усі працівники, що влаштовуються на роботу, повинні пройти вступний

інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електро-газозварювальні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Важливим у зниженні виробничого травматизму є пропаганда безпечних методів ведення робіт, тому керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок з техніки безпеки.

Куточок з техніки безпеки організується у спеціальному приміщенні чи безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянку куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинен відповідати вимогам естетики. Його необхідно забезпечити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів та інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, виконувані на пункті технічного обслуговування.

7.2 Охорона праці при вирощуванні кукурудзи

При вирощуванні та збиранні кукурудзи використовується велика кількість сільськогосподарських агрегатів та шкідливих речовин. Все це сприяє створення для працюючих шкідливих умов та небезпечних ситуацій.

Причинами професійних захворювань і виробничих травм можуть бути:

- забруднення повітря вище допустимих норм під час обробітку ґрунту;
- внесення гербіцидів та мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи;
- відсутність захисних огороджень та щитків на частинах машин та

механізмів, що рухаються або обертаються; робота на нахилах з крутизною 8-9 град;

- відпочинок механізаторів в необладнаних місцях;
- проведення ремонтних робіт при працюючому двигуні тракторів; незадовільний технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин; необдумані та небезпечні дії робітників, які обслуговують агрегати;
- відсутність, несправність або невикористання засобів індивідуального захисту; погана організація робочих місць;
- слабкий контроль з сторони керівників по дотриманню вимог охорони праці при виконанні небезпечних та шкідливих робіт;
- непідготовленість працюючих та неякісне проведення інструктажів.

Робітники, зайняті на роботах в полі, в обов'язковому порядку проходять курси 32-годинною програмою, а також медичний огляд. Перед початком польових робіт проходять повторний інструктаж на робочому місці.

Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами, з пило-захисної тканини; чоботами; рукавицями; окулярами типу ОП-2, для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипилевими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця, пов'язані з виробництвом кукурудзи, забезпечуються повністю укомплектованими медичними аптечками. Обов'язково робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування (молоко), обладнано місця для відпочинку, а також встановлено особливий режим праці. На кожному агрегаті для забезпечення пожежної безпеки встановлено:

- вогнегасник ОУ-3-1 шт.;
- штикова лопата-1 шт.;
- брезент, ящик з піском;
- всі машини обладнані спеціальними засобами відводу статичної електрики.

7.3 Санітарні правила при підготовці насіннєвого матеріалу

Санітарні правила щодо протруювання насіннєвого матеріалу, його зберігання, транспортування та висівання:

1. Протруювання насіння є обов'язковим заходом захисту, що забезпечує повнішу густоту сходів рослин та збереження до 30% і більше потенційних втрат урожаю від шкідливих організмів, він є найраціональнішим, екологічно найбезпечнішим та економічно найвигіднішим заходом застосування пестицидів, що поєднується з органічним землеробством.

2. Протруювання насіння низки технічних культур (соняшнику, цукрових буряків, сої, ріпаку, кукурудзи тощо) здійснюється централізовано на спеціалізованих насіннєвих заводах із дотриманням санітарних правил і регламентів.

3. Централізоване протруювання насіння відбувається на насіннєвих заводах і пунктах, устрій і експлуатація яких мають відповідати «Гігієнічним вимогам до проектування, встановлення та експлуатації відділів централізованого протруювання» «Нормам технічного проектування підприємств післязбиральної обробки і зберігання продовольчого, фуражного зерна, насіння олійних культур і трав» та чинним інструкціям, погодженим з Міністерством охорони здоров'я.

4. Машини для централізованого протруювання насіння мають відповідати вимогам ДСТУ.

5. Насіння, протруєне пестицидними протруйниками, прирівнюється за небезпечністю до пестицидів, а тому за завчасного завезення в господарства чи за децентралізованого протруювання таке насіння слід зберігати в спеціальних приміщеннях, ізольованих від складів із продовольчим та фуражним зерном, продовольчими і побутовими товарами.

6. Приміщення для роботи з пестицидами та протруєним насінням мають бути обладнаними проточно-витяжною вентиляцією, робочі місця - локальними респіраторними пристроями. Лабораторний контроль за вмістом

у повітрі робочої зони пестицидів першого класу здійснюється не рідше одного разу на місяць, інших класів - не рідше двох разів на рік.

7. Забороняється застосовувати для протруювання насіння пестициди, не дозволені чинним «Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

8. Підбір пестицидних протруйників здійснюють залежно від зональної поширеності небезпечних шкідливих організмів, спектра дії препаратів. Нормування протруйників є найвідповідальнішим елементом протруювання насіннєвого матеріалу, від якого залежить технічна, економічна та енергетична ефективність захисту рослин і технології вирощування культур в цілому. Нормування пестицидних протруйників здійснюється згідно з «Агротехнічними вимогами щодо протруйників» і додатками 1, 2, 3, 4.

9. Децентралізоване протруювання насіння здійснюється в господарствах на відкритому повітрі (пункти протруювання) або в спеціальних приміщеннях відповідно до відомчих інструкцій, погоджених з МОЗ.

10. Пункти протруювання розташовують з урахуванням рози вітрів і перспективного плану забудови населених пунктів на відстані не менше 200 м від житлової зони, підприємств, приміщень для утримання худоби та птиці, джерел водопостачання. Забороняється їхнє розміщення в 1 і 2 зонах округів санітарної охорони курорту, на території заповідників, а також у санітарних зонах рибогосподарських водойм.

11. Майданчик для протруювання насіння розташовують на ділянці з рівнем ґрунтових вод не менше 1,5 м. Майданчик повинен мати ухил для відводу зливових вод, навіс, тверде покриття (асфальт або бетон). Не допускається відведення зливових вод у водні об'єкти без попереднього знешкодження.

12. Територія пунктів протруювання має бути озеленена та огороджена.

13. У приміщеннях для протруювання насіння у господарствах слід передбачити облицювання стін глазурованою плиткою, покриття стелі

олійною фарбою, наявність цементованих або вкритих плиткою підлог, ухилів для стоку води, збір і знешкодження забрудненої пестицидами води; повітря перед викидом в атмосферу підлягає очищенню за допомогою фільтрів.

14. Кількість протруєного насіння має суворо реєструватися. Не допускається протруювання насіння у кількостях, що перевищують потребу для сівби.

15. Завчасне протруювання насіння дозволяється тільки за наявності спеціальних приміщень для його безпечного збереження.

16. Варто здійснювати напіввологе протруювання посівного матеріалу з використанням плівкоутворювальних препаратів. Сухе протруювання не допускається.

17. Завантаження протруєного насіння має здійснюватися лише в щільно пригнані до вивантажувальних пристроїв мішки з міцних, непроникних для пестицидів, матеріалів або в завантажники сівалок. На мішках має бути напис стійкою фарбою «Отруйне» або «Протруєно».

18. Мішки з протруєним насінням мають зашиватися спеціальними машинами або щільно зав'язуватися.

19. Не допускається пересипання розфасованого протруєного насіння в іншу тару.

20. Залишки використаних за зміну пестицидів передаються черговій зміні, про що робиться запис у книзі обліку протруєного насіння. У разі припинення на тривалий час робіт із протруювання агрегат знешкоджується, а залишки пестицидів здаються на склад, про що робиться запис у журналі обліку.

21. У приміщеннях, де встановлено протруювачі або проводять фасування насіння, забороняється виконувати інші роботи.

22. Протруєне насіння для сівби відпускається тільки за письмовим дозволом керівника господарства або організації з точною вказівкою його кількості. Невикористане для сівби насіння за актом повертається на склад або передається іншим господарствам лише для сівби. Залишок протруєного

насіння варто зберігати в ізольованому приміщенні до майбутнього року з додержанням усіх правил і запобіжних заходів, установлених для пестицидів.

23. Протруєне насіння зберігають у мішках (із щільної тканини, паперових або поліетиленових) під замком або в силосних місткостях, що мають пристрої для подання насіння та автонавантажувачі сівалок. Забороняється зберігання протруєного насіння на підлозі та майданчиках насипом.

24. Категорично забороняється зберігання протруєного насіння разом із продовольчим, фуражним зерном. Облік посівного матеріалу проводить комірник, який відповідає за його безпечне зберігання.

25. Категорично забороняється змішувати протруєне насіння з непротруєним, здавати його на хлібоприймальні пункти, використовувати як харчовий продукт, корм сільськогосподарських, домашніх тварин і птиці.

26. Перевозити протруєне насіння до місця сівби дозволяється лише в мішках із щільної тканини або в автонавантажувачах сівалок. Забороняється перевезення людей разом із протруєним насінням.

27. Для сівби протруєного насіння слід використовувати лише справні сівалки. Кришка насіннєвого ящика має бути весь час щільно зачинена. Не допускається вирівнювати рівень протруєного насіння у сівалці руками, для цього використовують дерев'яні лопатки.

8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Проведення економічної і енергетичної оцінки різних технологій вирощування кукурудзи дає можливість вибрати найвигідніший варіант, виявити можливі резерви економії витрат. Розрахунки економічної ефективності проекту проводимо в порівнянні з базовою технологією. Розрахунок економічної ефективності від застосування удосконаленого культиватора для міжрядного обробітку проводимо по відомій методиці в порівнянні з серійним культиватором УСМК-5,4А. Вихідні дані для проведення розрахунків приведені в таблиці 8.1.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для проведення економічних розрахунків

П о к а з н и к и	Базова технологія	Удосконалена
Продуктивність, га/год.	2,51	3,25
Питомі витрати палива, кг/га	4,17	3,6
Вартість машини, грн.	170000	194000
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Затрати праці на процес визначаються за формулою:

$$H = \frac{M}{W}, \qquad (8.1)$$

де М – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

W – продуктивність агрегату, га/год.

Затрати праці при роботі базового агрегату на обробці міжрядь цукрових буряків дорівнюють:

$$H_б = \frac{1}{2{,}51} = 0{,}4 \text{ люд.год/га.}$$

При використанні удосконаленого культиватора затрати праці будуть дорівнювати:

$$Н_н = \frac{1}{3{,}25} = 0{,}31 \text{ люд.год/га.}$$

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть дорівнювати:

$$Н_з = Н_б – Н_н; \qquad (8.2)$$

$$Н_з = 0{,}4 – 0{,}31 = 0{,}09 \text{ люд.год./га.}$$

За сезон при вирощуванні кукурудзи на площі 200 га при чотирьох міжрядних обробітках зниження затрат праці становить:

$$Н_з^с = 0{,}09 \cdot 200 \cdot 4 = 72 \text{ люд. год.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при міжрядному обробітку цукрових буряків визначаються за формулою:

$$С = С_о + С_а + С_р + С_{пмм}; \qquad (8.3)$$

де $С_о$ – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$С_а$ – амортизаційні відрахування, грн./га;

$С_р$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$С_{пмм}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. По шостому розряду вона становить 360,3 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 8647 грн.) [24]. На 1 га площі оплата праці становить:

$$С^1_о = \frac{C^T}{W_{зм}}, \qquad (8.4)$$

де $С^т$ – оплата праці по тарифній сітці, грн./зм;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$С^{1}_{об} = \frac{360,3}{17,57} = 20,5 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію; 50 % - за складність збиральних робіт; 12 % - за інтенсивність робіт:

50 % = 10,3 грн./га, 12 % = 2,5 грн./га.

І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$С^{н}_{об} = 20,5 + 10,3 + 10,3 + 2,5 = 43,6 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 20% за класність (8,7 грн./га) і 51 % соціального страхування і т. ін. (22,2 грн./га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатора при роботі базової машини будуть становити:

$$С_{об} = 43,6 + 8,7 + 22,2 = 74,5 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з удосконаленим культиватором, оплата праці за 1 га обробленої площі буде становити:

$$С^{1}_{ор} = \frac{360,3}{22,75} = 15,8 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно визначаються всі необхідні нарахування на оплату праці механізатора, який працює на агрегаті з удосконаленим культиватором. І повні затрати на оплату праці будуть становити:

$$С_{ор} = 33,5 + 6,7 + 17,1 = 57,3 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$С_а = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{ЗМ}} \quad (8.5)$$

де $Ц$ – ціна (балансова) машини, грн.;

$Д$ – кількість днів роботи в рік;

$К$ – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для просапних культиваторів становить 15%. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$С_{аб} = \frac{170000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 17{,}57} = 26{,}9 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на удосконалений культиватор будуть становити:

$$С_{ар} = \frac{194000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 22{,}75} = 23{,}7 \text{ грн./га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини.

Розрахунки проводяться за формулою:

$$С_р = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{ЗМ}}, \quad (8.6)$$

де β - норма річних відрахувань.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$С_{р.б} = \frac{170000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 17{,}57} = 26{,}9 \text{ грн./га.}$$

Для удосконаленого культиватора затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть дорівнювати:

$$С_{р.н.} = \frac{194000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1{,}8 \cdot 22{,}75} = 23{,}7 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$С_{пмм} = Ц_п \cdot в_{га}; \quad (8.7)$$

де $Ц_п$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$в_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки трактора і зони застосування. Приймаємо наступні норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустріальне масло – 0,64 %;
- консерваційні мастила – 0,47%;

На сьогодні вартість на паливо-мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, постачальника, величини оптових закупок і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива, яка дорівнює 84,8 грн./кг. Тоді затрати на паливо-мастильні матеріали при роботі базової машини будуть становити:

$$С^б_{пмм} = 84,8 \cdot 4,17 = 353,6 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з удосконаленим культиватором затрати на ПММ будуть становити:

$$С^н_{пмм} = 84,8 \cdot 3,6 = 305,3 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$С_б = 74,5 + 26,9 + 26,9 + 353,6 = 481,9 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з удосконаленим культиватором будуть дорівнювати:

$$С_н = 57,3 + 23,7 + 23,7 + 305,3 = 410,0 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$Е = С_б – С_н = 481,9 – 410,0 = 71,9 \text{ грн./га.}$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$Е_в = \frac{71,9 \cdot 100}{481,9} = 15 \text{ %.}$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 200 га з чотирма обробками посівів удосконаленим культиватором буде становити:

$$Е_р = 71,9 \cdot 200 \cdot 4 = 14380 \text{ грн.}$$

Крім того, впровадження розробок дає можливість зменшити захисні зони при обробітку посівів. При цьому збільшується ймовірність знищення бур'янів в зоні рядка, що призводить до збільшення урожайності кукурудзи на 5 – 10% . При урожайності 70 т/га приріст в середньому становить 5,3 т/га. При середній закупівельній ціні 10000 грн/т економічний ефект від додаткової продукції становитиме

$$Е_д = 5,3 \cdot 10000 = 53000 \text{ грн/га.}$$

При впровадженні на площі 200 га економічний ефект становить 10600000 грн. Сумарний економічний ефект від впровадження розробок за рік на площі 200 га становитиме

$$Е_{заг} = 10600000 + 14380 = 10614380 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники, які розраховані в проекті, приведені в таблиці 8.2.

Окупність затрат на впровадження розробок з удосконаленим культиватором визначається за формулою:

$$E_o = \frac{Ц}{E_p} \qquad (8.8)$$

Таблиця 8.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Базова технологія	Удосконалена технологія
1. Продуктивність, га/год.	2,51	3,25
2. Питомі витрати палива, кг/га	4,17	3,6
3. Затрати праці, люд.год./га	0,4	0,31
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн../га	481,9	410,0
в т . ч. – оплата праці з нарахуваннями	74,5	57,3
- амортизаційні відрахування	26,9	23,7
- затрати на ремонт і ТО	26,9	23,7
- затрати на ПММ	353,6	305,3
4. Зниження прямих затрат, грн./га	-	71,9
5. Річний економічний ефект, грн.	-	14380
6. Економічний ефект від додаткової продукції, грн.	-	10600000
7. Сумарний економічний ефект за рік, грн.	-	10614380
6. Строк окупності затрат на удосконалення сівалки, років		0,02

$$З_o = \frac{194000}{10614380} = 0,02 \text{ років.}$$

Аналіз прямих затрат на виконання процесу показує, що основна частка затрат припадає на паливо і мастильні матеріали, що пояснюється надто високими цінами на ринку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В Україні для вирощування кукурудзи є великий вибір різних машин і обладнання. Їх вибір залежить від конкретних умов господарювання – природно-кліматичних умов, характеристик ґрунту, районованих сортів і гібридів, обраних технологій, фінансових можливостей господарства і т.ін.

2. Розроблена конструкція секції просапного культиватора дозволяє підвищити якість міжрядного обробітку, зменшити захисну зону при обробці ґрунту в міжряддях кукурудзи в 2,2-2,5 рази, що веде до зменшення затрат праці на знищення бур'янів і підвищення урожайності.

3. Розрахунок технологічних і конструктивних параметрів удосконаленого фрезерного культиватора дозволив визначити оптимальні параметри і режим його роботи.

4. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів в господарстві, що дасть можливість підвищити рівень готовності механізаторів для безпечної роботи на вирощуванні цукрового буряку.

5. Економічна ефективність розробленого проекту становить 71,9 грн./га, а річний економічний ефект при впровадженні розробки в господарстві на площі 200 га становить 10614380 грн. Затрати на модернізацію окупаються протягом першого року впровадження удосконаленої технології і культиватора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романенко М. Агроекономічні аспекти вирощування кукурудзи в сезон 2023 р.// https://lgseeds.com.ua/advice/kukurudza/agroekonomichni-aspekty-vyroshhuvannya-kukurudzy-v-sezoni-2023-r/.

2. Савченко Н. Битва за врожай: як українським аграріям адаптуватися до умов війни// https://www.epravda.com.ua/columns/2023/04/13/699108/.

3. Кукурудза 2022: Сушити, залишити в полі чи спалити в теплогенераторі? 5 жовтня 2022//https://latifundist.com/spetsproekt/984-kukurudza-2022-sushiti-zalishiti-v-poli-chi-spaliti-v-teplogeneratori.

4. Несмачна М. Круте піке кукурудзи 2023: ставки на олійні та обсяги виробництва. - 5 травня 2023//https://superagronom.com/articles/649-krute-pike-kukurudzi-2023-stavki-na-oliyni-ta-obsyagi-virobnitstva.

5. Кукурудза – королева полів/ Навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

6. Цехмейструк М.Г., Музафаров Н.М., Манько К.М. Аспекти вирощування кукурудзи/ Агробізнес сьогодні.- №8(279) квітень 2014.–с.37-42.

7. Тимошенко Т. Кукурудза: як вирощувати успішно? // Агробізнес сьогодні. - №18 (241), вересень, 2012. – с. 37-39.

8. Шевчук Р., Кириєнко Г., Браценюк В. Економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно/ Аграрний тиждень. Україна. – 22 червня 2015 р. с. 13-18.

9. Моісеєва М. Увагу „цариці полів” // Пропозиція. – №1, 2006.– с. 56-61.

10. Ларченко К., Гаврилюк В. Нові гібриди кукурудзи// Пропозиція. - № 1, 2005. – с. 68-70.

11. Митрофанов О., Альохін А., Демидов С. Вдосконалена технологія вирощування кукурудзи на Півдні України без застосування гербіцидів//

Техніка АПК. - №10 (жовтень), 2007. – с. 26-29.

12. Небрат В.П. Аналізуємо цього річне с.-г. виробництво. - //Економіка АПК. - 2000. №11.-С. 10-13.

13. Козуб Г.Н. Кукурудза як високопродуктивна рослина. - //Економіка АПК. - 2000. №2. -С. 15-19.

14. Зінченко В.Н. Рослинництво. - К.: Урожай, 2001.

15. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

16. Сільськогосподарські машини /Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін..; за ред.. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

17. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

18. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. -К.: Урожай, 1993.

19. Довідник з опору матеріалів / Пісаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

20. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

21. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

22. Практикум з використання машин у рослинництві/ В.Ю.Ільченко та ін.; Дніпропетр. держ. агр. ун-т.- 2002.

23. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

24. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

25. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

26. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.