

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Скоробогатов Д.В., Голуб Г.А., Марус О.А.**

**СИДЕРАЛЬНІ КУЛЬТУРИ.  
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ  
ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗАГОРТАННЯ**

**МОНОГРАФІЯ**

**Київ – 2016**

**УДК 631.874:631.312.6**

**ББК 40.449.6:40.722**

**С 44**

*Рекомендовано до друку Вченою радою Національного університету біоресурсів і  
природокористування України  
(протокол № 10 від 30 березня 2016 р.)*

**Рецензенти:**

**Мироненко В. Г.** – доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України;

**Войтюк В. Д.** – доктор технічних наук, професор, директор НДІ техніки, енергетики та інформатизації АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України;

**Ловейкін В. С.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання машин і обладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України

**Скоробогатов Д. В.**

**С 44 Сидеральні культури.** Механіко-технологічні основи подрібнення та загортання: монографія / Д. Скоробогатов, Г. Голуб, О. Марус.– К.: НУБіП України, 2016. – 171 с.

У монографії обґрунтовано конструкціо-технологічні параметри плуга із дисковим подрібнювачем для загортання сидеральних культур, проаналізовано технології та технічні засоби для подрібнення і загортання сидеральних культур, визначено ефективність роботи плуга із дисковим подрібнювачем в польових умовах, встановлено економічну ефективність застосування розроблених робочих органів.

Призначена для науковців, викладачів, аспірантів, студентів, спеціалістів аграрної сфери, що займаються дослідженням та впровадженням технологій органічного землеробства.

**ISBN 978-617-7396-09-2**

© Скоробогатов Д.В., Голуб Г.А., Марус О.А., 2016

© НУБіП України, 2016

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗАГОРТАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР .....	9
1.1. Огляд існуючих технологій використання сидеральних добрив ...	9
1.2. Оцінка існуючих технічних засобів обробітку ґрунту із загортянням рослинної маси .....	16
1.3. Аналіз геометричних параметрів дискових робочих органів .....	20
1.4. Аналіз установочних параметрів дискових робочих органів і їх впливу на якість обробки ґрунту.....	23
1.5. Аналіз конструктивно-технологічних параметрів ярусних плугів .	25
1.6. Аналіз механіко-технологічних досліджень процесів заробляння рослинних решток.....	33
1.7. Наукова гіпотеза, мета і завдання досліджень .....	40
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛУГА ІЗ ДИСКОВИМ ПОДРІБНЮВАЧЕМ.....	42
2.1. Обґрунтування діаметра дисків подрібнювача рослинних решток	42
2.2. Обґрунтування відстані між дисками подрібнювача рослинних решток .....	48
2.3. Обґрунтування параметрів і геометрична модель заробляючих робочих органів .....	51
2.3.1 Загальна компоновка заробляючих робочих органів.....	51
2.3.2 Обґрунтування параметрів і розробка лемішно-відвальної поверхні корпусу плуга.....	54
2.3.3 Технологічна модель роботи кутозніма.....	58
2.3.4 Геометрична модель поверхні кутозніма.....	64
2.3.5 Обґрунтування параметрів і методика проектування поверхні кутозніма.....	77
2.3.6 Розрахунок сил, що діють на кутознім.....	83
2.4. Висновки по розділу 2.....	92
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	94
3.1. Програма лабораторно-польових досліджень.....	94
3.2. Методика досліджень.....	98
3.2.1. Загальна методика експериментальних досліджень.....	98
3.2.2. Часткові методики досліджень.....	102

3.2.3. Визначення агротехнічних показників роботи комбінованого плуга для загортання сидеральних культур.....	102
3.3. Лабораторно-польова установка, прилади і обладнання.....	104
<b>РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....</b>	<b>107</b>
4.1. Визначення параметрів робочих органів плуга з дисковим подрібнювачем.....	107
4.2. Дослідження якісних показників роботи плуга з дисковим подрібнювачем в залежності від його конструкційно-технологічних параметрів.....	120
4.3. Результати порівняльних випробувань плуга з дисковим подрібнювачем .....	123
4.4. Висновки по розділу 4.....	126
<b>РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛУГА З ДИСКОВИМ ПОДРІБНЮВАЧЕМ.....</b>	<b>128</b>
5.1. Виробнича перевірка плуга з дисковим подрібнювачем.....	128
5.2. Техніко-економічна ефективність застосування комбінованого плуга.....	131
5.3. Рекомендації виробництву щодо застосування нового плуга.....	131
5.4. Висновки по 5 розділу.....	134
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>135</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>137</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>155</b>

## ВСТУП

Однією із вирішальних умов збільшення виробництва продовольства в Україні є широке впровадження нових технологій вирощування сільськогосподарських культур, використання сидеральних добрив для підвищення родючості ґрунтів, а також підвищення продуктивності праці. А це, зокрема, базуються на розробці та освоєнні нових засобів механізації в агропромисловому комплексі.

Вагомим фактором покращення родючості та регуляції гумусного стану ґрунтів є застосування органічних добрив у різних формах. Традиційно, найбільш поширеною органікою для удобрення рослин є гній. Проте поточний економічний стан господарств і кон'юнктура ринків сільськогосподарської продукції призвели до зменшення поголів'я худоби, а зношеність і номенклатура машино-тракторного парку зумовила додаткове скорочення обсягів та площ внесення органічних добрив. За офіційними статистичними даними на даний час в Україні внесення гною становить від 0,5 до 0,7 тонни на один гектар орної площі.

У зв'язку з цим існує нагальна потреба використання інших видів органічних добрив, які були б такими ж ефективними як гній, але не вимагали значних матеріально-технічних витрат на підготовку та внесення. Суттєве поповнення запасів органіки в ґрунті, як свідчить сучасна світова агротехніка, забезпечується при застосуванні сидератів як органічних добрив. Сидеральні культури або зелені добрива – це рослинна маса, що загортається в ґрунт для збагачення його органічними речовинами. Водночас, потрібні для цього засоби механізації практично відсутні на ринку сільськогосподарської техніки, тому потребують відповідної науково-технічної розробки для задоволення сучасних вимог агропромислового виробництва. При застосуванні зелених добрив найбільш витратними є технологічні операції обробітку ґрунту. Заходи

ресурсозбереження або, іншими словами, мінімалізації обробітку ґрунту, у цьому випадку полягають в його комплексному технічному забезпеченні на основі нового покоління сільськогосподарських машин, у тому числі на базі лемішно-полицевих і дискових робочих органів.

Монографія виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України згідно з державною темою науково-дослідних робіт «Розробити механіко-технологічні основи ресурсозберігаючого органічного виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив в агроєкосистемах з підвищеним рівнем енергетичної автономності», номер державної реєстрації 0114U000660.

Метою роботи є підвищення ефективності загортання сидеральних культур шляхом розробки комбінованого плуга з раціональною взаємодією окремих груп його робочих органів.

Для досягнення мети сформовані такі задачі досліджень:

- проаналізувати сучасні технології та технічні засоби подрібнення та загортання сидеральних культур в ґрунт;
- обґрунтувати основні конструктивно-технологічні параметри робочих органів комбінованого плуга та визначити їх взаємне розміщення;
- експериментально дослідити вплив параметрів та режимів роботи комбінованого плуга на показники якості та енергомісткості подрібнення та загортання сидеральних культур у ґрунт;
- виконати науково-виробничу перевірку і техніко-економічну оцінку ефективності роботи комбінованого плуга.

Об'єкт досліджень – технологічний процес та робочі органи комбінованого плуга для подрібнення та загортання сидеральних культур.

Предмет досліджень – залежності показників якості процесу подрібнення та загортання сидеральних культур від конструктивно-технологічних параметрів комбінованого плуга та режимів його роботи.

Механіко-технологічні дослідження виконувались з використанням основних положень землеробської механіки. Параметри кутозніму плужного корпусу та дискового подрібнювача комбінованого плуга визначали з використанням графоаналітичного методу досліджень з силовим аналізом процесів взаємодії робочих органів з ґрунтом. Експериментальні лабораторно-польові дослідження проводили за методикою планування експериментів з використанням розробленого макетного зразка комбінованого плуга при його агрегуванні з трактором тягового класу 1,4. Застосовували також спеціальну методику фотозйомки поперечних перерізів ґрунту, обробленого комбінованим плугом. Науково-виробничу перевірку комбінованого плуга в агрегаті з трактором МТЗ-82 здійснили у типових умовах ґрунтово-кліматичної зони Лісостепу України за чинними стандартними методами випробування комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Обробку результатів експериментальних досліджень виконували із застосуванням положень математичної статистики і використанням стандартних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів заключається в тому, що уперше: створено математичну модель процесу взаємодії дисків із сидеральною рослиною і ґрунтом, яка дозволяє виконувати розрахунок конструктивно-технологічних параметрів дискового подрібнювача комбінованого плуга; розроблено компоновальну схему і обґрунтовано параметри лемішно-полицевої поверхні плужного корпусу, технологічну модель роботи кутозніму та геометричну модель його поверхні, обґрунтовано параметри і методику проектування поверхні кутозніму плужного корпусу комбінованого плуга для загортання сидеральних культур в ґрунт; отримано емпіричні залежності впливу параметрів взаємного розміщення дискового подрібнювача і лемішно-полицевих корпусів, а також режимів роботи комбінованого плуга на показники якості та енергомісткості обробітку ґрунту. Дістала подальшого розвитку техніко-економічна оцінка ефективності роботи комбінованих машин

нового покоління для обробітку ґрунту із значною (понад 300 г/м<sup>2</sup>) рослинною масою; удосконалено механіко-технологічне обґрунтування параметрів лемішно-полицевих і дискових робочих органів ґрунтообробних машин для забезпечення відповідних агротехнічних показників якості обробітку ґрунту.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні конструктивно-технологічних параметрів комбінованого плуга для загортання сидеральних культур. Результати досліджень передано і впроваджено на ВАТ “Кам’янець-Подільськсільмаш”. Основні технічні конструктивно-компонувальні рішення комбінованого плуга захищені п`ятьма деклараційними патентами України на винаходи.

Річний економічний ефект від використання комбінованого плуга для загортання сидеральних культур у процесі науково-виробничої перевірки при виконанні комбінованого обробітку ґрунту в типових умовах Лісостепу України склав близько 38 тис. грн.

Монографія присвячена святій пам’яті видатного вченого, лауреата Державної премії в галузі науки і техніки доктору технічних наук, професору Дубровіну Валерію Олександровичу.



## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗАГОРТАННЯ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР

### 1.1. Огляд існуючих технологій використання сидеральних добрив

Агропромислове навантаження на ґрунти в Україні – одне з найвищих в світі. Рівень розораності території країни складає 55%, а сільськогосподарських угідь – майже 80% [10]. Інтенсивний антропогенний вплив на ґрунтове середовище призводить до його деградації. Потребують вдосконалення сучасні технології механізованого обробітку ґрунту [8, 9, 20, 22]. Інтенсивна система землеробства з багатократним використанням робочих органів та рушіїв мобільних агрегатів в кінцевому підсумку веде до деградації ґрунтів. Високі норми внесення мінеральних добрив і інтенсивний обробіток зі значними енергетичними витратами лише маскують втрату природної родючості ґрунтів, основного капіталу, накопиченого за тисячоліття еволюції природних екосистем.

Одним з ефективних засобів підвищення родючості ґрунту є сидерація. Це агротехнічний захід, що полягає в заорюванні у ґрунт спеціально вирощених на зелене добриво рослин. А самі рослини називають сидератами [1, 4, 5, 44].

Відомо, що 200 ц зеленої маси бобових рівноцінно 20 тоннам, а хрестоцвітих культур – 15 тоннам гною. У структурі посівних площ вони мають займати не менше 10 % [52].

Основні сільськогосподарські культури не повністю використовують вегетаційний період, залишається достатня кількість теплих світлих днів та опадів, щоб після збирання основних культур – озимих, ранніх ярих зернових, ранньої картоплі, капусти тощо аби виростити сидерати [6].

Для того щоб забезпечити нормальні сходи сидеральних культур, необхідно мати запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту не менше 20 мм, а за багаторічними даними на 1 серпня її міститься близько 25 мм.

При подальшому рості, сидеральні культури починають використовувати вологу з метрового шару ґрунту, запаси якої мають бути не менше 70 мм, а фактично буває до 100 мм.

Відразу після сходів сидерати починають працювати на родючість ґрунту.

Сонце на полях, зайнятих сидератами, не пересушує верхні шари ґрунту, не знищує мікрофлору, воно використовується рослиною для фотосинтезу – накопичення органічної маси, звідки висновок – земля має бути покрита рослинністю.

Давно відомо, що рослина за рахунок фотосинтезу створює близько 95 % сухої речовини, один квадратний дециметр поверхні листя за годину засвоює з повітря до 7 мг вуглекислого газу.

І ось майже всю суху речовину людина з урожаєм вивозить з поля, не даючи землі ніякого поповнення органікою.

Ґрунт під сидератами не так перегрівається, не пересихає, в ньому весь час активно діють мікроорганізми, дощові хробаки, які також працюють на підвищення родючості, на збагачення орного шару органічними речовинами. Поверхню ґрунту захищає рослинний покрив і хоч на короткий період створюються умови, наближені до природних для відновлення родючості [5].

При використанні сидератів на зелене добриво, всі 100 % маси, одержаної від фотосинтезу надходить в ґрунт. Навіть при використанні повторних посівів на зелений корм, 50-60 % їхньої маси (70-100 ц/га – коренева система і пожнивні рештки) залишається на полях, а при випасанні – навіть більше, і дає значну прибавку врожаю послідуєючої культури.

Сидерати відіграють велику роль як протиерозійний ґрунтозахисний захід.

Упродовж літньо-осіннього періоду ґрунт під сидератами не так розмивається й ущільнюється дощами, вода не стікає по поверхні, не змиває

родючого шару, а вбирається ґрунтом і поповнює запаси вологи. Дощові краплі не розмивають грудочки землі, не замулюють пори ґрунту, вони повільно стікають по рослинах.

Дощова вода у верхніх шарах ґрунту розчиняє поживні речовини і виносить у нижні горизонти, звідки рослини їх не використовують, забруднюються ґрунтові води, в той же час коріння сидератів перехоплює ці розчини і використовує для формування маси, фактично залишаючи поживні речовини в орному шарі ґрунту.

Загальновідомо, що газоподібні втрати азоту при внесенні мінеральних добрив на чистому парі у два рази більші ніж під парами зайнятими рослинами.

Під сидератами майже немає бур'янів – вони їх пригнічують, можна з упевненістю сказати, що сидерати очищають землю від бур'янів.

Ґрунт на ділянці, де були з осені заорані сидерати – пухкий, на ньому не застоюється вода, він раніше досягає й дає змогу проводити польові роботи.

Необхідно відзначити і велику фітосанітарну роль, яку відіграють сидерати. Вони нейтралізують ґрунтовому, несумісність рослин, різко знижують шкоду від шкідників і хвороб. Так картопля, висаджена по люпиновому сидерату значно менше пошкоджується колорадським жуком.

Сидерати відіграють позитивну роль не тільки як добриво й санітар, але і як додаткова культура в системі сівозміни, вони збільшують розрив при розміщенні культур. Навіть при повторному розміщенні однієї і тієї ж культури, посіяні й загорнуті в землю сидерати (післязбиральні) значно знижують шкідливість монокультури.

Традиційна сидеральна культура – люпин жовтий. Однак його можна вирощувати на добриво тільки в сидеральних парах. Для проміжних і підсівних посівів необхідно підбирати культури, які відповідають певним вимогам [10]. Для поживних і по укисних посівів придатні культури, які можуть за короткий період в умовах помірних температур накопичувати достатньо високий урожай зеленої маси. В якості підсівних культур треба підбирати такі культури, які

могли б протистояти конкуренції покривних культур, були б несприйнятливі до негативних факторів і не знижували б урожай основних культур.

Серед олійних культур суцільного посіву (ріпак, гірчиця, редька біла, рижій, льон та інші), які придатні для харчового, технічного й енергетичного використання, найбільш типовим вважається ріпак [61].

Ріпак – одна з традиційних сільськогосподарських культур, що вирощується переважно в Поліссі та Лісостепу України. Проте площі, засіяні ним в Україні, сьогодні складають всього 250-300 тисяч гектар [6]. Сприйняття ріпаку лише як культури на зелений корм поступово змінюється.

За прогнозами фахівців [43, 77, 93], якщо зайняти під ріпак 10% усіх посівних площ, господарства на сучасному рівні:

- вирішать проблему кормового білку за рахунок виробленої макухи;
- поповнять органічною речовиною ґрунти – при заорюванні ріпаку як сидеральної культури;
- істотно покращать своє енергетичне забезпечення за рахунок використання біопалива на основі метилового ефіру з олії насіння ріпаку й твердого палива з його соломи.

Для вирішення цих завдань рівень технологій вирощування, переробки та застосування продукції з ріпакового поля та їх технічного забезпечення потрібно докорінно підіймати. Це обумовлено низькою середньою врожайністю ріпаку (0,9-1,3 т/га), причиною чого є: використання неякісного насіння; недостатній рівень застосування мінеральних добрив та засобів захисту рослин; невідповідність технічного забезпечення технологій зрослим вимогам до якості виконання операцій тощо.

Сидерати є порівняно дешевими добривами, але їх вирощування потребує певних матеріальних і трудових витрат. Основна стаття витрат є вартість насіння [34, 67, 68, 94].

Дослідження В. М. Тужиліна [34] показали, що тривалість періоду від посіву до найбільшої продуктивності надземної маси рослини можна розділити на дві групи. До рослин з коротким вегетаційним періодом відносять редьку

масляну, суріпицю, фацелію. Максимальний урожай зеленої маси вони накопичують за 50-60 днів вегетації. За 80-90 днів формують максимальний урожай люпин однорічний, буркун жовтий і білий в рік посіву, а також горох, вика, середела, кормові боби, амарант.

Широковідомі результати агрономічних дослідів виявили, що найбільш високий урожай біологічної маси в самостійних посівах забезпечив люпин однорічний (табл. 1.1). В середньому за три роки він склав 606 ц/га. Буркун жовтий і білий другого року життя дали відповідно 506 і 540 ц/га біомаси. Із небобових культур можна виділити редьку масляну. По сумі поживних речовин, акумульованих в біомасі, культури розташувались в наступній убутній послідовності: буркун білий та буркун жовтий в другий рік вегетації, люпин, вика, горох кормовий, редька масляна.

Сільськогосподарські культури, розміщені після сидератів, дають більш високоякісну продукцію, особливо льон, картопля, овочі.

Бобові культури збагачують ґрунт азотом, який фіксують з повітря бульбочкові бактерії, розміщені на їхніх коренях. Накопиченого азоту вистачає сидеральній культурі та наступній після неї.

Гречка, люпин і гірчиця мають здатність засвоювати з ґрунту важкодоступні для інших рослин малорозчинні фосфорні добрива і перетворювати їх у доступну форму.

Добрі результати дає посів суміші олійної редьки з житом. Повторні посіви менше пошкоджуються шкідниками й хворобами сільськогосподарських культур [19].

Таким чином, можна виділити наступне призначення сидератів:

- накопичення азоту (N);
- накопичення гумусу (поліпшення повітряного і водного режимів ґрунту);
- менше вимивання мінеральних речовин;
- більш ефективне використання опадів для формування врожаю;
- зменшення ерозії (укріплення ґрунту);

- затінення ґрунту (ґрунтозахист);
- оструктурування ґрунту (біологічна обробка ґрунту);
- рихлення ґрунту і підґрунтя;
- боротьба з бур'янами (за рахунок затінення і антагоністичної дії);
- боротьба з шкідниками (зниження чисельності нематод);
- боротьба з хворобами.

Таблиця 1.1

**Порівняльна характеристика поживної цінності сидеральних культур**

Культура	Накопичено біомаси, ц/га	Акумуляровано в загальній біомасі поживних речовин, кг/га			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Всього
Люпин однорічний	606	231	63	209	503
Буркун жовтий в перший рік вегетації	228	104	38	155	297
Буркун жовтий в другий рік вегетації	506	230	72	310	612
Буркун білий в перший рік вегетації	233	113	46	142	301
Буркун білий в другий рік вегетації	540	251	96	299	646
Горох кормовий	304	117	71	215	403
Вика	311	160	73	201	434
Редька масляна	485	86	66	248	400
Кормові боби	177	58	24	59	141

В цілому підвищення врожаїв наступної культури забезпечується при меншому розході азоту чи більшій ефективності впливу заходів (внесення добрив, обробки ґрунту) на врожаї при меншій інтенсивності обробітку ґрунту і зменшеним застосуванням пестицидів.

Побічна дія зеленого добрива:

– втрата гумусу при занадто інтенсивній обробці ґрунту у теплу пору року (під посів озимої проміжної чи пожнивної культури);

– надмірно велике споживання води в засушливих областях при неправильному виборі культури чи занадто високих дозах азоту (можлива відсутність чи зрідження сходів внаслідок нестачі води);

– більше розповсюдження хвороб (зернових, конюшини) чи шкідників (нематод) при помилках (неправильний вибір культури чи тривалості її вирощування);

– засмічення ріллі насінням, яке важко проростає чи зимуючими видами;

– труднощі при обробці ґрунту і зниження врожаю наступної культури при занадто великій масі зеленого добрива і неправильного загортання її в ґрунт.

В залежності від того, як вирощуються сидерати, в чистому виді чи в суміші з іншими культурами, розрізняють самостійні і ущільнені (або змішані) посіви сидератів.

При самостійному посіві сидерати займають поле один-два сезони чи навіть кілька років. Часто сидерати на полі знаходяться порівняно короткий проміжок часу – в період після збору однієї культури до посіву іншої. Такі посіви сидератів називають ущільненими (або проміжними).

Ущільнені посіви сидератів – прийом сумісного вирощування на одній площі основної культури і сидерата.

Дуже ефективно спільне використання сидератів і соломи [38]. Солома після мінералізації в ґрунті забезпечує її необхідними макро- і мікроелементами. Із 1 т соломи може синтезуватись близько 180 кг гумусу, а з 1 т гною – 50-60 кг. Але в соломі зернових міститься велика кількість безазотистих речовин: целюлози – 33-35%, гемицелюлози – 21-22 %, лігніну – 18-22%. Широке відношення вуглецю до азоту (80-98:1) стримує біохімічний розклад соломи. В процесі мінералізації соломи целюлозоруйнівні мікроорганізми споживають з ґрунтових запасів мінеральний азот ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ). У результаті сильної іммобілізації азоту ґрунтовими мікроорганізмами не

бобові культури зазнають нестачі азоту, що негативно позначається на їх рості і розвитку. Щоб цього уникнути необхідно на кожен тону соломи вносити на слабо окультурених ґрунтах 8-10 кг, а на високо окультурених – 5-6 кг мінерального азоту. Але через нестачу азотних добрив, солону у багатьох господарствах заорюють в чистому вигляді і, як правило, на перших культурах ефективність цього прийому знижується.

При заорюванні лише зеленої маси сидерата переважає мінералізація азоту, який може частково втрачатись. При спільному використанні зеленого добрива і соломи розклад органічної речовини протікає нормально при відношенні C:N в межах 20-30:1, тобто наближується до відношення класичного органічного добрива – гною (25:1). Тому заорювання соломи з бобовими сидератами заслуговує особливої уваги [2].

## **1.2. Оцінка існуючих технічних засобів обробітку ґрунту із загоранням рослинної маси**

За матеріалами дослідження і досвіду виробництва, можна назвати наступні способи загорання сидератів (табл. 1.2) [33]:

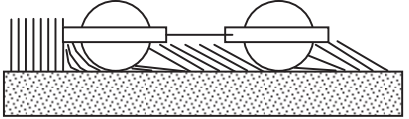
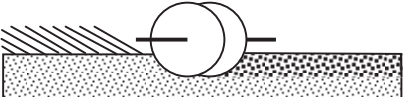

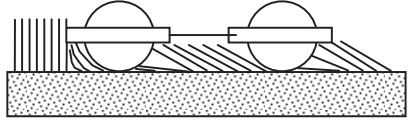
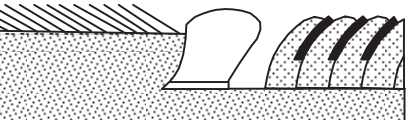
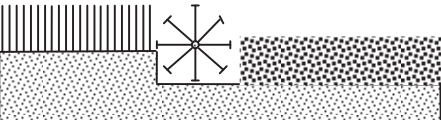
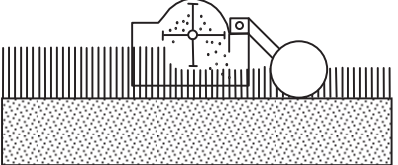
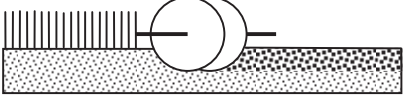
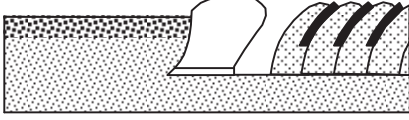
- прикочування зеленої маси на корені, дискування і заорювання;
- прикочування і заорювання;
- фрезерування поля;
- скошування і подрібнення зеленої маси, дискування чи без нього і заорювання.

Особливого обліку вимагають характер розміщення і кількість рослинних залишків на поверхні поля на момент основного обробітку ґрунту. Поверхневі рослинні залишки по своїй масі іноді в 4-5 разів перевершують кореневі. Тому, на технологічні результати роботи ґрунтообробних машин (забивання, повнота загорання і т.п.) впливають в основному поверхневі залишки. Проблеми з забиванням робочих органів машин для мілкового (8-16 см) обробітку ґрунту виникають при наявності куп соломи, незібраних і полеглих рослин, великої кількості рослинної маси.



Таблиця 1.2

## Види механізованих технологій для загортання сидератів

Схема	Засоби механізації	Пояснення
<b>1. Прикочування зеленої маси на корені, дискування і заорювання</b>		
	Котки водоналивні (ЗКВГ-1,4; СКГ-2-2)	Прикочування
	Дискові борони (БДТ-3; БДТ-7)	Дискування
	Начіпні плуги (ПЛН-3-35; ПЛН-5-35)	Заорювання
<b>2. Заорювання з попереднім прикочуванням</b>		
	Котки водоналивні (ЗКВГ-1,4; СКГ-2-2)	Прикочування
	Начіпні плуги (ПЛН-3-35; ПЛН-5-35)	Заорювання
<b>3. Фрезерування</b>		
	Фрези: Польові (КФГ-3,6) Болотні (ФБН-2; ФБН-1,5)	Фрезерування
<b>4. Скошування і подрібнення зеленої маси, дискування чи без нього і заорювання</b>		
	Косарки роторні, сегментно-пальцеві, косарки-подрібнювачі (КІР-1,5)	Скошування і подрібнення
	Дискові борони (БДТ-3; БДТ-7)	Дискування
	Начіпні плуги (ПЛН-3-35; ПЛН-5-35)	Заорювання

У цих випадках можливості і функціональні задачі ґрунтообробних машин істотно розрізняються, навіть у межах одного типу робочих органів [31, 90]. Зауважимо, що ефективних знарядь для виконання мілкою основною обробітку ґрунту за один прохід машинно-тракторного агрегату (полицевих, дискових або чизельних) практично не має на ринку аграрної техніки України, а деякі комбіновані агрегати, що завезені із-за кордону, не адаптовані до вітчизняних умов використання [18, 53, 54, 55, 56, 57, 61].

Рослинні залишки, органічні і мінеральні добрива, внесені в ґрунт, також повинні розташовуватися в ньому певним чином. Поповнення ґрунту органічними речовинами, його мульчування, загортання сидеральних культур, подрібненої соломи, стебел, бадилля – це важливі ґрунтозахисні елементи систем землеробства, які необхідно виконувати на високому технологічному рівні. Тому, ґрунтообробні машини варто розрізняти за глибиною загортання рослинних залишків, органічних і мінеральних добрив, зокрема, при мілкому обробітку ґрунту, рослинна маса по можливості повинна бути рівномірно розподіленою у шарі 0...16 см [30, 59, 71, 72, 96].

Укісні і пожнивні сидерати, які звичайно дають невисокі врожаї зеленої маси (не більше 250 ц/га), з низьким стеблостоем можна з успіхом загортати самим простим способом – заорюванням з попереднім прикочуванням. При високих урожаях сидератів – до 400 ц/га і більше (як правило, на парових полях) їх перед заорюванням необхідно подрібнити.

Порівняльна оцінка окремих механізованих технологій є важливою умовою прогнозування раціонального розвитку внутрішнього ринку аграрної техніки. При цьому тенденції розвитку механізованих технологій в рослинництві безпосереднім чином визначають нову номенклатуру технічних засобів у сільськогосподарському машинобудуванні [7, 11, 16, 28, 69, 70, 91].

До недоліків технології, що передбачає прикочування зеленої маси на корені, дискування і заорювання можна віднести: енергоємність, неповне заорювання рослин, втрата поживних речовин в сидератах після дискування, значне ущільнення ґрунту, підсушування зеленої маси, багатоопераційність.

Заорювання з попереднім прикочуванням є менш енергоємною технологією ніж попередня, але при цьому також не забезпечується повне і рівномірне заорювання зеленої маси. До того ж недостатнє прикочування рослин може призвести до забивання плуга.

Обробіток ґрунту фрезами досить енергоємний процес. Витрати енергії при фрезеруванні значно більші, ніж при обробітку пасивними робочими органами, при цьому має місце втрата вологи і недостатнє загортання сидератів у ґрунт [101, 102, 116, 119, 121, 122].

Технології, при якій проводиться скошування і подрібнення зеленої маси, дискування чи без нього, заорювання, властиві такі недоліки: енергоємність, втрата поживних речовин в зеленій масі після скошування і подрібнення, багатоопераційність, неповне заорювання зеленої маси.

Актуальним питанням розвитку ресурсощадних технологій в Україні є розробка технологічних операцій мінімалізації процесів механізованого обробітку ґрунту й технічних засобів для обробітку ґрунту на базі комбінованих багатоопераційних машин.

Вагомий науковий внесок у розвиток механізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур і, зокрема, основного обробітку ґрунту та створення комбінованих ґрунтообробних агрегатів внесли: В. П. Горячкін, П. М. Василенко, Л. В. Погорілий, М. Н. Нагорний, А. С. Кушнар'ов, Я. С. Гуков, В. І. Кравчук, І. А. Шевченко, В. О. Дубровін, Г. М. Синєоков, І. М. Панов, П. М. Бурченко, В. І. Корабельський, В. І. Ветохін, В. П. Ковбаса, С. С. Тищенко, В. А. Насонов, М. П. Білоткач, Л. К. Литвинюк та інші.

Мінімалізація механічного обробітку ґрунту – це одна з основних тенденцій у розвитку сучасних ресурсощадних технологій рослинництва. Зокрема, цей важливий напрямок удосконалення агротехнологій найбільш активно впроваджується при механізованому вирощуванні сільськогосподарських культур в якості "зелених добрив" та для енергетичного використання. На жаль, технічне забезпечення потреб мінімалізації

механізованого обробітку ґрунту не відповідає сучасним потребам агропромислового виробництва, бо в основному продовжує базуватись на окремих одноопераційних машинах, які не здатні на сучасному технологічному рівні задовольнити операційні технології [29, 62, 63, 64, 82, 87, 124, 129, 130, 134, 137, 139, 146, 158, 159].

Отже, в Україні досі інерційно зберігається система механізованих технологій вирощування основних сільськогосподарських культур на основі одноопераційних, послідовно працюючих машин і знарядь [23, 65, 66, 67, 83, 144, 156, 160]. Вона характеризується достатньо великою кількістю проходів різних машинно-тракторних агрегатів по полю [35, 36, 84, 86, 92, 97, 133]. Кожне з цих одноопераційних знарядь має свої особливості, а застосування їх певної послідовності до кінця не досліджене. Що стосується визначення раціонального поєднання різних груп ґрунтообробних робочих органів в одній комбінованій машині, їх взаємного впливу на якість та енергомісткість механізованого обробітку ґрунту, адаптованості до певних груп сільськогосподарських культур, то даний напрямок наукових досліджень є актуальним, потребує відповідного обґрунтування й ретельної розробки [37, 40, 46, 48, 50, 58, 76, 89, 117, 157].

### **1.3. Аналіз геометричних параметрів дискових робочих органів**

Усе різноманіття дискових робочих органів може бути зведено до двох геометричних форм: плоскої і сферичної. Плоский диск може розглядатись як сферичний, у якого радіус кривизни рівний нескінченності ( $r = \infty$ ). Таким чином, основними геометричними параметрами дисків є діаметр  $D$  і радіус кривизни  $r$ . Із ними пов'язаний кут  $\varepsilon_l$ , який рівний половині центрального кута дуги діаметрального перерізу диску (рис. 1.1). Кожен з цих параметрів має технологічне значення. Із збільшенням діаметру диску  $D$  різко зростає вертикальна реакція ґрунту, за рахунок чого погіршується заглиблення його у ґрунт. Тому для заглиблення дисків більшого діаметру потрібне додаткове

навантаження у вигляді маси знаряддя чи баласту. Отже, діаметр диска повинен бути мінімальним із тих, що допускаються за умовами роботи [21]. Діаметр диска залежить від заданої максимальної глибини обробітку ґрунту  $a$  і повинен бути по крайній мірі більше подвоєного її значення. Практикою вироблені певні співвідношення між  $D$  і  $a$ :

$$D=ka, \quad (1.1)$$

де  $D$  – діаметр диска, м;  
 $a$  – максимальна глибина обробітку ґрунту, м;  
 $k$  – коефіцієнт, рівний 3...3,5 для плугів, 4...6 для борін і 5...6 для луцильників [25, 26, 27, 31, 32].

Радіус кривизни  $r$  визначає здатність диска кришити і обертати пласт. Чим менший радіус кривизни, тим інтенсивніше кришиться і обертається пласт. Як видно з рисунка (1.1), між  $D$  і  $r$  існує певна залежність:

$$D=2r \sin \varepsilon_1, \quad (1.2)$$

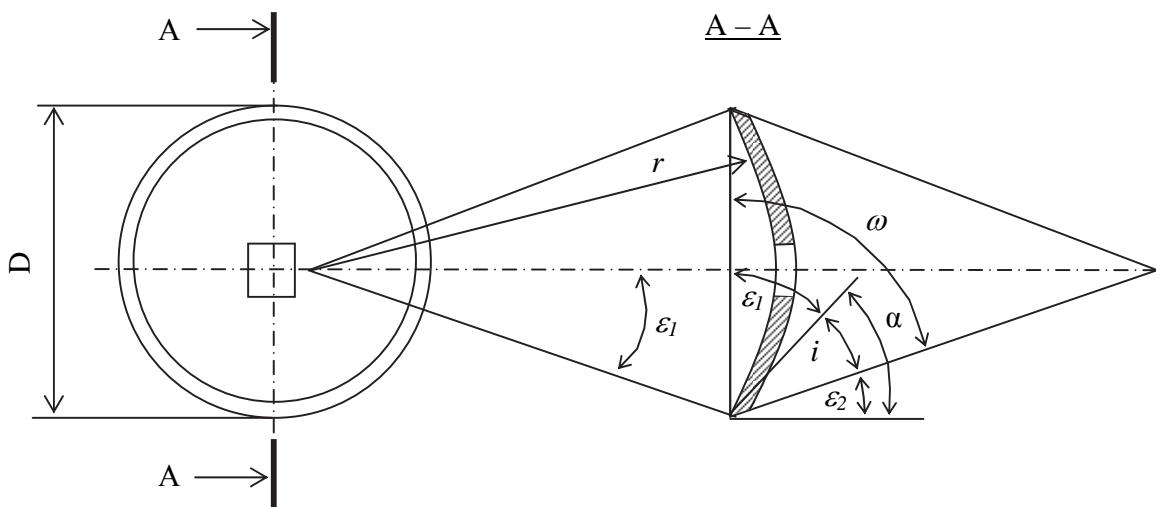
де  $r$  – радіус кривизни диска, м;  
 $\varepsilon_1$  – передній кут, який рівний половині центрального кута дуги діаметрального перерізу диска, рад.

Отже, якщо є два параметри, третій необхідно визначити по формулі (1.2). Основні параметри дисків стандартизовані. Для плоских дисків можна приймати діаметри 250, 300, 350, 400, 450, 510, 610, 660, 710, 760 і 800 мм. Діскові плуги комплектують дисками діаметром 610...810 (причіпні) і 580...710 мм (навісні); луцильники – 450...610; борони – 450...660 мм; голчасті диски виготовляють діаметром 350, 450 і 520; диски копачів – 680 мм. Радіус кривизни  $r$  приймається постійним: для плугів 600 мм, луцильників 169 мм,

борін 109, 169 і 220 мм. Тоді кут  $\varepsilon_1$  приймає значення: для плугів 31...37°, лушчильників 26...32° і борін 22...26° [14, 21].

Суттєвий вплив на технологічні властивості диска має його заточення. Воно характеризується перед усім кутом заточення чи загострення  $i$ , а також пов'язаним з ним заднім, затильним кутом чи кутом зазору  $\varepsilon_2$ . Диски заточують, як правило, з випуклої, зовнішньої сторони, приймаючи кут заточення  $i = 10...20^\circ$  для борін і лушчильників і  $15...25^\circ$  для плугів. Диски, призначені для роботи на твердих ґрунтах, заточують із внутрішньої сторони.

Так як лезо диска має форму кола і постійний кут загострення, то фаска має форму усіченого конусу, твірні якого нахилені до площини основи під кутом  $\omega = i + \varepsilon_1$ , де  $\varepsilon_1$  – передній кут, який рівний половині центрального кута дуги діаметрального перерізу диска (рис. 1.1). Крім того, розрізняють ще кут різання  $\alpha = i + \varepsilon_2$ .



**Рис. 1.1. Основні параметри диска**

Суттєве технологічне значення має задній, затильний кут  $\varepsilon_2$ . Від його розміру залежить розхід енергії на обробку ґрунту і навіть роботоздатність диска. Вважається, що для нормальної роботи диска на глибині необхідно, щоб затильний кут на рівні поверхні поля був додатній [35, 49, 51].

#### 1.4. Аналіз установочних параметрів дискових робочих органів і їх впливу на якість обробки ґрунту

До числа установочних параметрів відносять: кут між площинами обертання диска і напрямом поступового руху знаряддя (кут атаки) і кут відхилення площини обертання диска від вертикалі чи кут між віссю обертання диска і горизонталлю. Обидва параметри мають технологічне значення. Наприклад, чим більше кут атаки, тим ліпше підрізаються рослини, інтенсивніше і глибше розпушується ґрунт і загортаються рослини. Кут атаки для дискових плугів 40...45°, луцильників 10...35° і борін 10...22° [21]. Встановлення дисків із нахилом вісі обертання до горизонтальної площини передбачається, як правило, тільки в плугах. Цей кут приймають на рівні від 15 до 25°.

В процесі роботи кожен диск вирізає у ґрунті пласт (стружку), утворюючи жолобчасте дно борозни (рис. 1.2). Між жолобами утворюються гребні висотою  $h$ . По висоті цих гребенів судять про якість обробітку ґрунту. Висота гребенів  $h$  залежить від діаметра диска  $D$ , відстані між дисками  $b$  і кута атаки  $\theta$ . Доцільно розглянути, який вплив має зміна кута атаки на висоту гребенів  $h$ . Із трикутника  $OAB$  (рис. 1.2) випливає, що

$$(D/2)^2 = (D/2 - h)^2 + (c/2)^2,$$

де  $h$  – висота гребенів, м;

$c$  – хорда центрального кута на глибині заглиблення диска, м,

або після перетворення

$$h^2 - Dh + (c/2)^2 = 0,$$

звідки

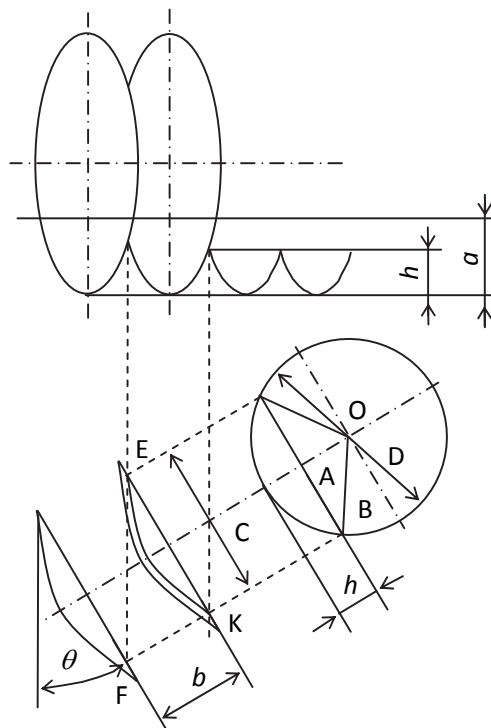
$$h_{1,2} = D/2 \pm \sqrt{D^2/4 - c^2/4} = D/2 \pm 1/2\sqrt{D^2 - c^2}.$$

Маючи на увазі, що умову задачі задовольняє тільки другий корінь, а також те, що із трикутника  $EFK$  сторона  $c = b \operatorname{ctg} \theta$ , отримаємо:

$$h = D/2 - 1/2\sqrt{D^2 - b^2 \operatorname{ctg}^2 \theta}, \theta \quad (1.3)$$

де  $\theta$  – кут атаки, рад.

Із формули (1.3) випливає, що із збільшенням кута атаки висота гребенів зменшується. Якість обробки вважається нормальною, якщо  $h \leq 0,5a$  для луцильників і  $h \leq 0,4a$  для плугів.



**Рис. 1.2. Схема до визначення висоти гребенів**

Для визначення кута атаки  $\theta$ , який забезпечує потрібну якість роботи дискових знарядь, можна використовувати номограму [32], яка являє собою геометричне вираження формули (1.3).

Крім висоти гребенів, інший важливий показник роботи дисків – повнота підрізання пожнивних залишків і бур'янів. Дослідами встановлено, що повнота підрізання, крім кута атаки, залежить ще й від швидкості руху. Найменша



кількість непідрізаних пожнивних залишків отримуються при максимальному куті атаки. Із збільшенням швидкості до 2 м/с (7,2 км/год) число непідрізаних рослин зменшується, а із подальшим збільшенням швидкості зростає. Глибина ходу дисків із зростанням швидкості дещо зменшується, а із збільшенням кута атаки зростає [21].

### **1.5. Аналіз конструктивно-технологічних параметрів ярусних плугів**

Для навісних, полунавісних і причіпних плугів передбачена єдина конструктивна схема розміщення робочих органів. Корпуси плугів розміщують послідовно один за одним із зміщенням на ширину захвата  $b$  в сторону неораного поля з деяким перекриттям  $\Delta b$ , рівним 25...75 мм. Перекриття сприяє повному підрізанням пласта при деяких коливаннях плуга в горизонтальній площині (непрямолінійному русі).

Основними параметрами навісного ярусного плуга, які визначають компоновку вузлів на рамі є ширина захвату  $b_в$ ,  $b_н$  верхнього і нижнього корпусів і величина перекриття  $\Delta b$  між корпусами, глибина оранки нижнього ярусу  $a$  і верхнього ярусу  $a_1$ , відстань між верхніми корпусами  $l_в$ , відстань між нижніми корпусами  $l_н$ , відстань між носком верхнього і нижнього корпусів, висота розташування рами над опірною площиною корпусів.

Ширина захвату  $b_в$ ,  $b_н$  верхнього і нижнього корпусів і максимальна глибина оранки  $a_{\max}$  є заданими параметрами і визначаються агротехнічним завданням для конкретних ґрунтових умов і енергетичних можливостей трактора, з яким працює плуг [3].

Ширина захвату корпусів верхнього та нижнього ярусів в основному однакова і в залежності від глибини обробітку складає від 30 до 60 см. Відстань по ходу між корпусами верхнього і нижнього ярусів змінюється в межах 450...1000 мм. Це характерно й для відстані між однойменними корпусами суміжних секцій. Відстань від опірної площини корпусу до нижньої площини

рами плуга варіює в межах 590...1750 мм, тобто найбільше значення перевищує найменше майже в 3 рази [35].

Відомо, що питома металомісткість навісних плугів на 35...50 % нижче, ніж причіпних [24, 29]. Серед ярусних в начіпному варіанті виконані лише плуги ПД-3-35 та ПТН-40.

Питання взаємного розміщення робочих органів ярусного плуга вперше теоретично розглянуто Хорошиловим О.Д. [36]. В згаданій праці наведено чотири можливих варіанти розміщення корпусів ярусного плуга: верхній попереду нижнього без зміщення в поперечному напрямі; верхній попереду нижнього зі зміщенням, рівним 0,5 захвату нижнього корпусу; верхній попереду нижнього зі зміщенням, рівним чи дещо більшим, ніж захват основного корпусу.

Хорошилов О.Д. [36, 151], відзначає, що принцип роботи по останньому варіанту – це окремий випадок першого з тією різницею, що в першому варіанті обробка верхньої і нижньої скиб проводиться за один прохід, а в четвертому – за два проходи плуга. Схема за четвертим варіантом недостатньо вивчена. Необхідність її вивчення підкреслював також Р.І. Ібраїмов.

Що стосується поперечного зміщення верхнього корпусу відносно нижнього в сторону поля, то відомі рекомендації різняться між собою (табл. 1.3). Різниця пояснюється особливостями умов застосування, призначення та конструктивно-технологічним виконанням плугів.

Аналіз науково-технологічної інформації свідчить, що поперечне розміщення верхнього корпусу відносно нижнього виступає визначальним фактором якості виконання технологічного процесу оранки при незмінності інших параметрів взаємного положення робочих органів, режиму та умов роботи.

Є можливість спрямовано впливати на агротехнічні показники оранки зміною поперечного зміщення верхнього корпусу відносно нижнього або вибором кута в плані верхнього корпусу та його глибини роботи при певному швидкісному режимі. Необхідність досліджень в цьому напрямі зумовлена,

крім того, вищими швидкостями орних агрегатів в умовах України, ніж в зоні бавовнярства.

Таблиця 1.3

**Рекомендоване поперечне зміщення верхнього корпусу відносно нижнього в сторону поля**

Марка плуга	Найменування показників			
	Глибина оранки, см	Вертикальне співвідношення товщини скиб	Агрофон перед оранкою	Поперечне зміщення верхнього корпусу відносно нижнього
ПЯ-3-35	30	10:20	Стерня люцерни	150
	30	15:15	Стерня пшениці	0
	30		Стерня пшениці на засмічених багаторічними бур'янами полях	130
ПД 3-35	40	20:20	Стерня люцерни	150
ЯП-70-50	70	30:40	Поле під плантаж	0
ПТН-40	40	від 10:30 до 12:28	Поле під плантаж	0
ПЧЯ-60	60	від 20:40 до 40:20	Поле під плантаж	0

Не має єдності в рекомендаціях з вибору відстані по ходу між однойменними корпусами суміжних секцій. В загальному вигляді М.М. Летошнев [26] пропонує визначати цю відстань за формулою:

$$l_k = B \operatorname{tg}(\gamma_0 + \varphi), \quad (1.4)$$

де  $l_k$  – відстань між суміжними корпусами по ходу;

$B$  – ширина захвату корпусу;

$\gamma_0$  – кут в плані корпусу;

$\varphi$  – кут рівний 26...28°.

Відомі розробки з метою зменшення відстані між корпусами. В короткобазисному плузі за рахунок зміни поперечного перерізу лемішно-полицевої поверхні відстань між однойменними корпусами суміжних секцій ярусних плугів визначається в основному експериментально. Плуг ПЯ-3-35 має відстань 950 мм, а ПД-3-35 – 1100 мм [14].

Наявність двох ярусів корпусів, певним чином розміщених в просторі, при малій ширині захвату ярусних плугів, потребує детального вивчення факторів, що впливають на рівновагу орного агрегату на площині поля [14, 17].

Ширина захвату корпусу залежить від глибини оброблюваного шару. Для якісного обертання скиби, що особливо потребують просапні культури, переріз скиб обирають тонким та широким. Це водночас сприяє покращенню розпушення ґрунту. Для корпусів ярусних плугів відношення ширини скиби до її товщини повинно бути 1,7...2,0 й більше. При збільшенні глибини оранки понад 27 см скиба шириною 35 см переходить в умови нестійкого обертання. Тому при виконанні глибокої оранки ґрунту існує тенденція до збільшення ширини захвату основного корпусу до 40 см. Це характерно й для плугів, що працюють в легших умовах. Водночас, при переході від оранки на 30 см (ПЛН-3-35) до оранки на 40 см (ПД-3-35) зміни ширини захвату корпусів не відбувалось [14, 100, 110, 111].

В процесі вибору ширини захвату корпусу необхідно враховувати вплив цього показника на гребневистість поверхні поля, що суттєво при підготовці ґрунту під просапні культури [120].

Питання про співвідношення товщини верхнього та нижнього шарів також пов'язане з шириною скиби. В. П. Горячкін вказував, що “...для равномерного и полного крошения нужно пахать широкими и тонкими пластами, или срезать сверху всю дернину во всю ширину пласта и пахать узко, так как земля способна дробиться только при такой пахоте (около трех вершков)”. В іншій праці В. П. Горячкін відмітив: “Лучше всего не торопиться

и пахать поуже, так чтобы дерносом срезал всю дернину, а не часть ее. От этого успех работы будет меньше, но зато разделка боронами облегчается. Такой способ считается теперь самым совершенным и к нему нужно стремиться". За вимогами агротехніки достатньо зрізати, обернути й заробити на дно борозни верхній шар, товщиною 10 см, а для знищення залишків кореневищ люцерни – шар в 7 см. Проте ці вимоги неможливо виконати. Із умов найкращого розпушення ґрунту бажано, щоб співвідношення товщин верхнього та нижнього шарів було 1:1 [47].

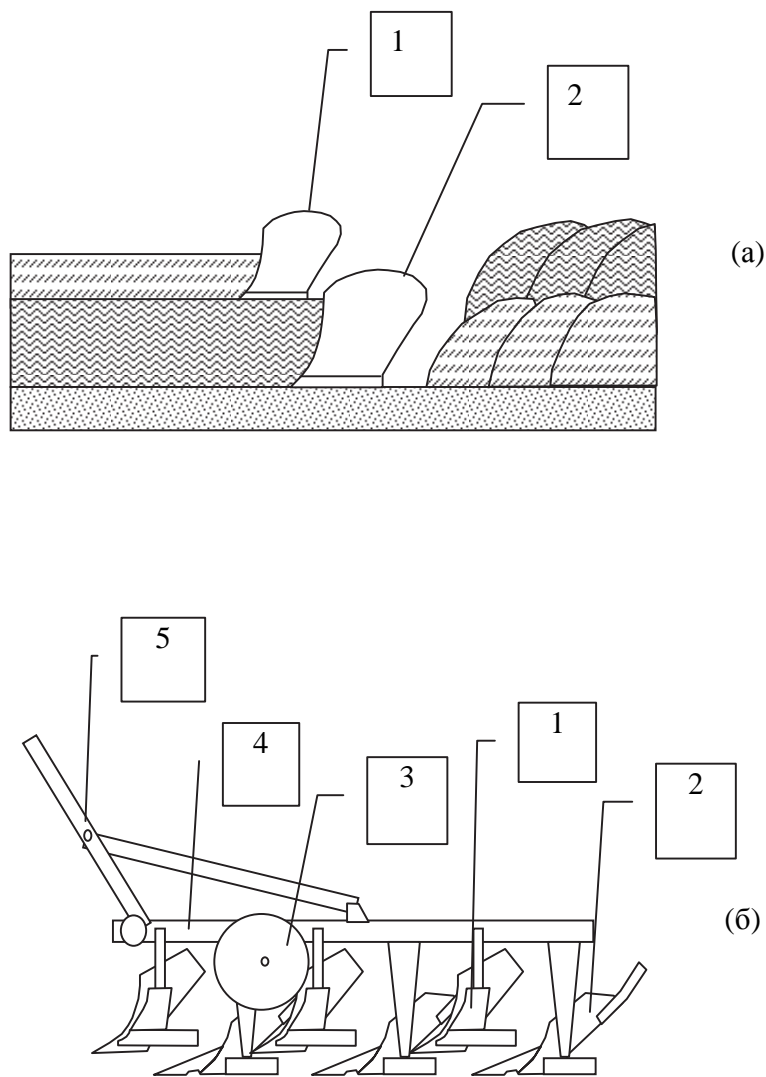
Існують рекомендації щодо визначення співвідношення товщин шарів з умов отримання високих агротехнічних показників або найменших енерговитрат при достатньому рівні якості оранки. Галлямов Р. М. наводить дві основні схеми вертикального співвідношення товщин шарів: 10:20 та 15:15 см. При цьому за енергетичними показниками оптимальною визнано другу схему. Проте з врахуванням вимог агротехніки її використовують лише на багаторічних травах, тоді як першу рекомендують для заорювання люцерни із врахуванням ущільнення ґрунту рушіями тракторів, коли верхній шар повинен бути товщиною близько 15 см [14, 118].

Конструктивно-технологічні параметри ярусних плугів, як правило, забезпечують повне підрізання бур'янів у двох шарах. Виключення становить плуг ПЯ-3-35, ширина захвату верхнього корпусу якого на 5 см менша, ніж нижнього.

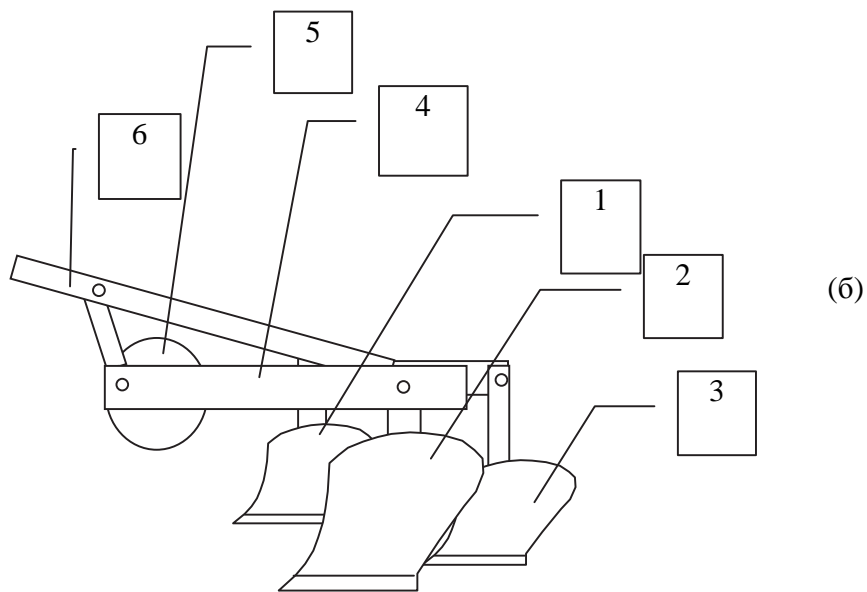
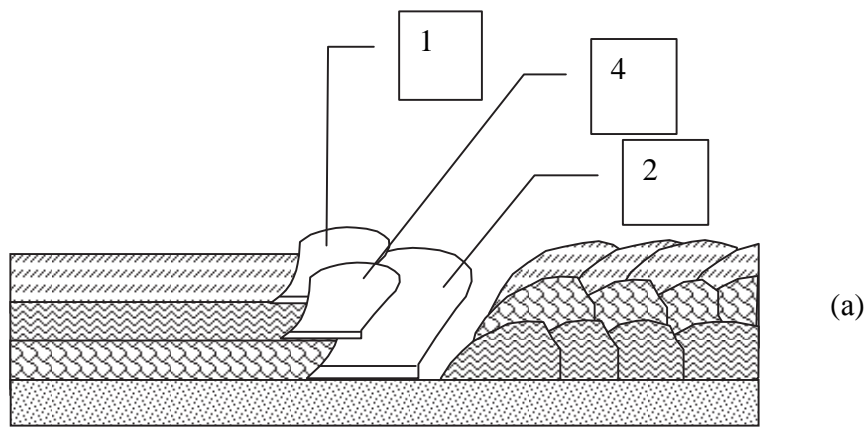
В дослідженнях Г. М. Рудакова, П. В. Шаліна, Р. І. Ібраїмова, В. П. Кондратюка й інших вчених питання вибору типів лемішно-полицевих поверхонь корпусів ярусного плуга вирішувалось в основному експериментальним шляхом. Найбільш придатними в умовах досліджень були визнані напівгвинтова та культурна поверхні. Цьому сприяли дослідження, проведені з плугами П-5-35ЭШ, ПЯ-3-35, ПД-3-35. В сучасних умовах не вирішеним питанням лишається адаптація імперичних лемішно-полицевих поверхонь згаданих типів в умовах України, узгодження їх параметрів з

режимами роботи плуга для забезпечення виконання агротехнічних вимог до оранки на глибину 25...35 см [14].

Технологічний процес глибокої (на 25...35 см) ярусної оранки відзначається одночасним і незалежним рухом верхньої та нижньої скиб, які певним чином розміщуються в просторі завдяки дії на них плужних корпусів (рис. 1.4, 1.5).



**Рис. 1.4. Схема переміщення шарів ґрунту дволярним плугом (а) і загальний вигляд плуга ПНЯ-3-30 (б): 1 – верхній корпус; 2 – нижній корпус; 3 – опорне колесо; 4 – рама; 5 – начіпний пристрій**



**Рис. 1.5. Переміщення шарів ґрунту тріярусним плугом (а) і загальний вигляд плуга ПТН-40 (б): 1 – передній корпус; 2 – середній корпус; 3 – задній корпус; 4 – опорне колесо; 5 – рама; 6 – начіпний пристрій**

Верхній корпус ярусного плуга відіграє особливу роль у верхньому шарі (12...22 см) ґрунту, стикається із значною (до 100 ц/га) кількістю рослинних решток, сприймає нерівності поверхні поля ( $\sigma \geq 1,0$  см), відповідає за точність укладки скиби на дно борозни. Зважаючи на вагомість чинника глибини загортання рослинних решток ( $q_h = 0,46$ ), найбільш прийнятною для верхнього корпусу визначено напівгвинтову лемішно-полицеву поверхню. За певних умов можливе застосування циліндроїдальних та гвинтових поверхонь.

Обґрунтувати раціональні параметри розміщення в просторі робочої поверхні верхнього корпусу відносно нижнього можна за допомогою аналізу руху верхньої скиби при її взаємодії з поверхнею корпусу та після сходу з неї. Для характеристики руху скиби по лемішно-полицевої поверхні використовують залежності, розроблені Гячевим Л. В. та Тураєвим В. Д. Проте з моменту сходу скиби з крила полиці й до укладання її на дно борозни рух скиби розглядають як процес вільного падіння скиби на прикладі оранки “зметом”, по одній з верхніх точок поперечного перерізу і з моменту, коли скиба зайняла вертикальне положення. Враховуючи, що при ярусній оранці верхня скиба долає при укладці в борозну у 2...4 рази більшу віддаль після сходу з крила полиці, то навіть зв’язана скиба в місцях концентрації напруг втрачає свою форму. При цьому енергетично не вигідно підкидати верхню скибу при сході з крила полиці. При здійсненні технологічного процесу ярусної оранки траєкторія руху частки, розміщеної у поперечному перерізу скиби, виявляється найбільш стабільною і знаходиться на максимальному віддаленні від вісі концентрації напружень розтягу-стискання. Підйом центру тяжіння верхньої скиби в найвище над дном борозни положення необхідно здійснювати до моменту сходу з полиці корпусу для гарантованого оберту в процесі вільного падіння.

Опорним колесом регулюють глибину оранки. Його положення впливає на стійкість руху і тяговий опір плуга. Оптимальною вважають таку установку, при якій вісь колеса у поздовжній площині віддалена від носка лемеша переднього корпусу на  $1/3$  віддалі між носками лемешів переднього і заднього корпусів [21, 60].

Полунавесні і причіпні плуги відрізняються від начіпних кількістю і розміщенням коліс. Причіпні плуги обладнані трьома колесами: польовим, борозним і заднім. Польове і борозне колеса, як правило, однакового діаметру 650...800 мм, заднє діаметром 450...500 мм установлюють з нахилом 70...80° до горизонту [31].



Борозне колесо встановлюють на відстані 3...4 см від стінки борозни попереднього проходу плуга, можливо ближче до переднього корпусу, але з таким розрахунком, щоб воно не заважало відваленню пласта. Заднє колесо встановлюють за останнім корпусом плуга на такій відстані від нього, щоб при переводі плуга в транспортне положення воно не торкалось за кінець польової дошки. Полунавісні плуги комплектують, як правило, двома колесами: заднім борозним і опорним польовим. Призначення опірною колеса таке ж саме, як і у навісного плуга, а заднього – таке ж, як у причіпного плуга. В повздовжній площині вісь опірною колеса встановлюють між першим і другим корпусами.

### **1.6. Аналіз механіко-технологічних досліджень процесів загортання рослинних решток**

Ярусні плуги застосовують для оранки малородючих підзолистих, каштанових та солонцевих ґрунтів, а також для глибокої оранки під цукрові буряки, бавовник та інші культури.

На цих плугах корпуси розміщені у два або три яруси. Обробіток ґрунту вони проводять пошарово, з обертанням першого та другого шарів.

З початку 80-х років на полях України почали використовувати ярусні плуги ПЯ-3-35, розроблені для зони бавовнярства. Їх ефективність в порівнянні з плугами загального призначення при вирощуванні просапних культур, зокрема цукрових буряків, доведена практикою [15]. Проте технологічний процес ярусної оранки в умовах України вивчений недостатньо, не в повній мірі враховані ґрунтово-кліматичні умови, особливості вирощуваних культур та технічних засобів.

Необхідність обґрунтування місця ярусної оранки в системі обробітку ґрунту відзначали ще в 30-ті роки [36], тоді вперше розроблена схема ярусного розміщення робочих органів плуга, виготовлено один з перших в світі ярусних плугів. А спроби створення плуга для глибокої ярусної оранки відомі ще з 1908 року [37]. Дослідження в цьому напрямі з 1935 року вели також в Росії [7].

Появі ярусних плугів сприяли нові тенденції в розвитку сільськогосподарського виробництва [18, 29, 88]. Широке застосування машинної тяги та пов'язане з цим поглиблення орного шару при незмінних параметрах плужних корпусів призвело до погіршення оберту скиби. Збільшення ширини захвату корпусу потребувало розвитку робочої поверхні передплужника. З іншого боку, розпочалась розробка принципово нових спеціалізованих технологічних процесів оранки у зв'язку з роботами по освоєнню нових та меліорації староорних земель. Це призвело до створення плантажних, болотних, виноградникових плугів та триярусних плугів для солонцевих ґрунтів. Нарешті, потяг до універсальності машин дозволив розширити межі застосування плугів, розробники почали передбачати двоярусний варіант розміщення робочих органів [13].

Основою розвитку конструкцій плугів, в тому числі ярусних, стало вчення про роль культурної оранки в агротехніці [27, 79, 161]. Конструктивно-технологічні параметри ярусних плугів залежать від призначення, умов роботи та способу агрегування знаряддя. Водночас вони визначаються рівнем наукових досліджень та дослідно-конструкторських розробок, виконаних з даного питання. Технічна характеристика ярусних плугів наведена в таблиці 1.4.

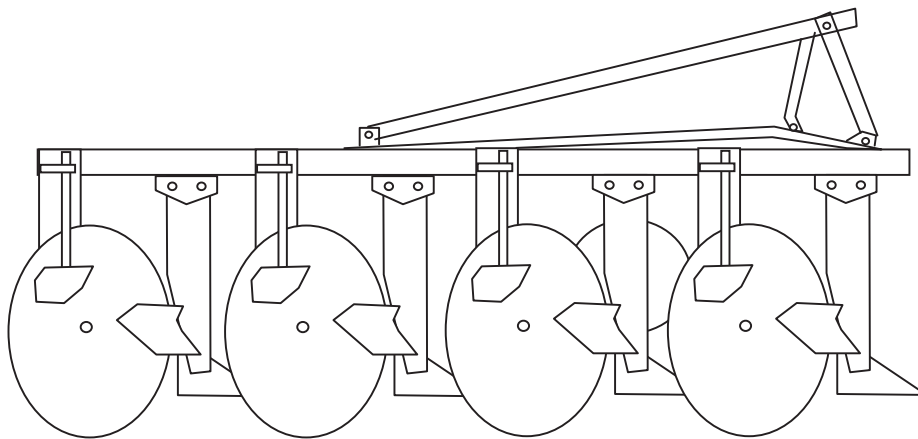
Дискові ґрунтообробні машини, які мають робочі органи – сферичні диски – застосовуються для оранки (дискові плуги), луцення стерні (дискові луцильники), розробки пластів після оранки лемішними плугами і міжрядної обробки ґрунту в садах (дискові борони) [2]. Дискові плуги (рис. 1.6) застосовують для обробки на глибину до 25-30 см твердих, сухих ґрунтів, а також ґрунтів з наявністю коренів дерев. На звичайних ґрунтах дискові плуги дають гіршу якість оранки, ніж лемішні, так як вони не можуть забезпечити повного загортання рослинних решток. Крім того, рілля після проходу дискового плуга робиться більш брилистою (у порівнянні з лемішним плугом) і потребує більшого числа додаткових обробок для підготовки ґрунту до посіву [8, 80].

## Технічна характеристика ярусних плугів

Марка плуга	Найменування показників										
	Агрегується з трактором класу	Глибина оранки, см	Ширина захвату, см			Відстань між верхнім і нижнім корпусами, см	Відстань між однойменними корпусами, см	Відстань від опорної пл. до низу рами плуга, см	Маса плуга, кг	Першим по ходу встановлено корпус	
			Плуга	Верхнього корпусу	Нижнього корпусу					Верхній	Нижній
Двохярусні плуги											
ПНЯ-3-30	1,4	25-35	90	20	30	40	85	65	385	+	-
ПНЯ-3-35	1,4	25-35	105	30	35	45	95	65	570	+	-
ПД-3-35	1,4	40	105	35	35	55	110	80	-	+	-
ЯП-70-50	3	70	50	50	50	-	-	-	-	-	+
ПЯУ-3-32	1,4	40	96	32	32	68	120	68	2200	+	-
Триярусні плуги											
ПТН-40	3	40	40	40	40	72	-	78	645	-	+
ПЧЯ-60	3	60	60	60	60	100	-	90	2500	+	-
ПТ-2-30	3	60	60	30	30	80	200	86	1800	-	+

Дискові борони (табл. 1.5) застосовують для розпушення ґрунту, подрібнення грудок, вирівнювання поверхні поля, знищення і вичісування бур'янів, руйнування ґрунтової кірки та ін. Дискові борони поділяють на легкі (польові і садові) та важкі.

Робочими органами дискових борін є сферичні диски діаметром 450-660 мм. Вони можуть бути суцільні і вирізні [8]. Диски збирають у батареї, які встановлюють на рамі у два ряди під кутом до напрямку руху (кут атаки). Батареї можуть розміщуватись симетрично і несиметрично.



**Рис. 1.6. Загальний вигляд плуга ПНД-4-30**

*Таблиця 1.5*

**Технічна характеристика борін**

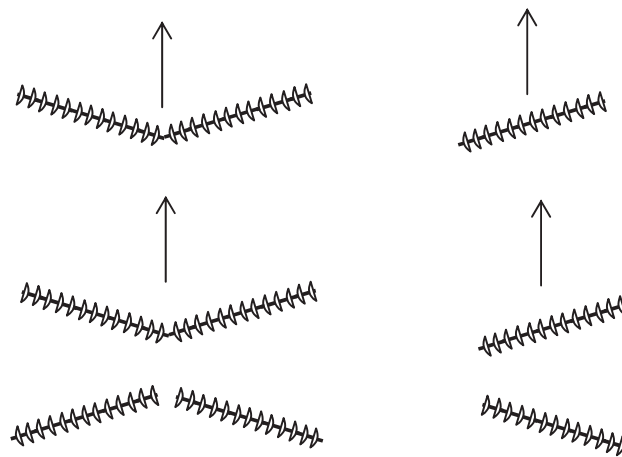
Марка	Тип	Ширина захвату, м	Глибина обробки, см	Допустима робоча швидкість, км/ч	Розрахункова продуктивність, га/ч	Агрегатування
БД-10	Причіпна	10	до 10	6,0	8,5	К-700, К-700А Т-150, Т-150К
БДТ-7	Причіпна	7	до 20	8,0	6,0	К-700,Т-150,Т-150К
БД-4,1	Причіпна	4,1	до 10	9,0	3,4	Т-74,ДТ-75,ДТ-75М
БДТ-3,0	Причіпна	3,0	до 20	8,0	1,75	Т-74,ДТ-75,ДТ-75М
БДН-3,0	Навісна	2-3	до 14	8,0	1,9	Т-74,ДТ-75,МТЗ,Т-40
БДНТ-2,2	Навісна	2,2	до 22	6,0	1,2	Т-74,ДТ-75,ДТ-55А
БДНТ-3,5	Навісна	3,5	до 20	6,0	1,75	Т-130,Т-100МГС
БДСТ-2,5	Навісна садова	2,5	до 12	6,0	1,5	Т-74,ДТ-75,ДТ-55А
БДС-3,5	Навісна садова	3,5	до 12	6,0	2,8	Т-74,ДТ-75,ДТ-55А
БДН-1,3	Навісна садова	1,3	6-10	6,0	0,8	Т-25

Луцильники призначені для луцення поверхні поля, передпосівного обробітку ґрунту після збирання зернових, зернобобових та інших культур,

розпушення скиб після оранки тощо. Діскові лушильники випускають причіпними. Лушення стерні проводять на глибину 4-12 см. Відхилення глибини лушення від заданої не повинно становити більш як 2 см [35, 103].

Діскові борони і лушильники відрізняються тим, що диски збираються в батареї на загальних, звичайно горизонтальних осях. Кут встановлення дисків до лінії руху у борін 12-25° і у лушильників до 35° [27, 104, 143].

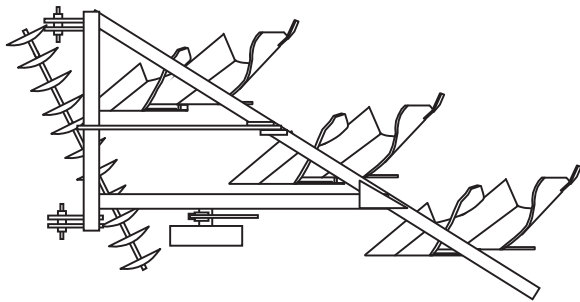
З'єднання батареї дисків у борін і лушильників може проводитись за різними схемами (рис. 1.7). Для лушильників використовується головним чином однослідні схеми, а для польових борін двослідні. Несиметрична двослідна схема отримала застосування для садових борін. Несиметричність батареї дає можливість зміщувати лінію тяги борони в сторону і віддаляти таким чином трактор від дерев на необхідну відстань [35].



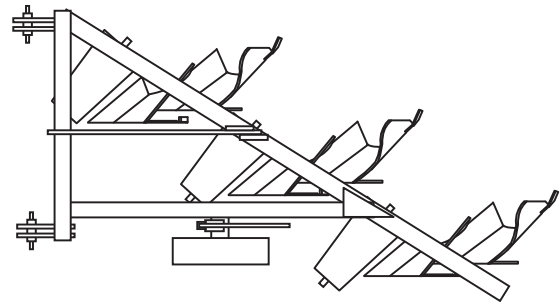
**Рис. 1.7. Схеми з'єднань батарей дисків**

Оскільки, як зазначалось вище, одноопераційні машини нездатні на сучасному технологічному рівні задовольнити операційні технології, перспективним напрямком розвитку знарядь для поверхневого та мілкового обробітків ґрунту є суміщення кількох різнопланових робочих органів в одній комбінованій машині, збільшення ширини захвату знарядь. Агрегати на їхній базі в порівнянні з аналогами мають продуктивність на 40-60% вищу, економлять час, зберігають вологу в ґрунті, сприяють відтворенню родючості ґрунтів.

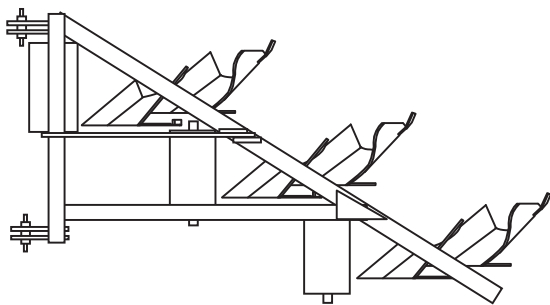
Серед комбінованих плугів для загортання сидеральних культур (рис. 1.8), застосування боронування із одночасним загортанням ярусним плугом, слід вважати найбільш раціональною і ефективною комбінацією (рис. 1.8 (а) і рис. 1.9) для загортання сидеральних добрив, тому що вона забезпечує повне і рівномірне загортання зеленої маси (рис. 1.10) і здійснює це за один прохід агрегату [105, 106, 107, 108, 109].



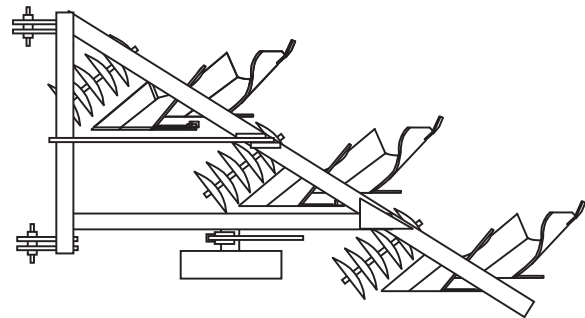
а) комбінований ярусний плуг з  
дисковим подрібнювачем



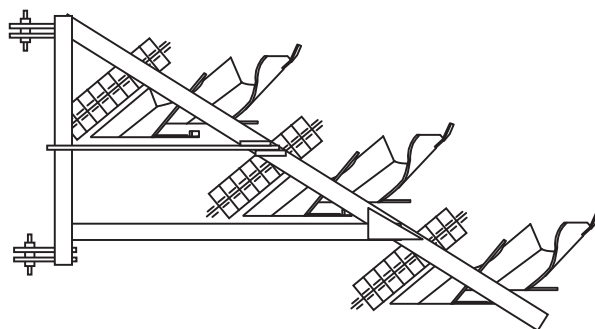
б) комбінований ярусний плуг з  
конічними котками



в) комбінований ярусний плуг з  
котками

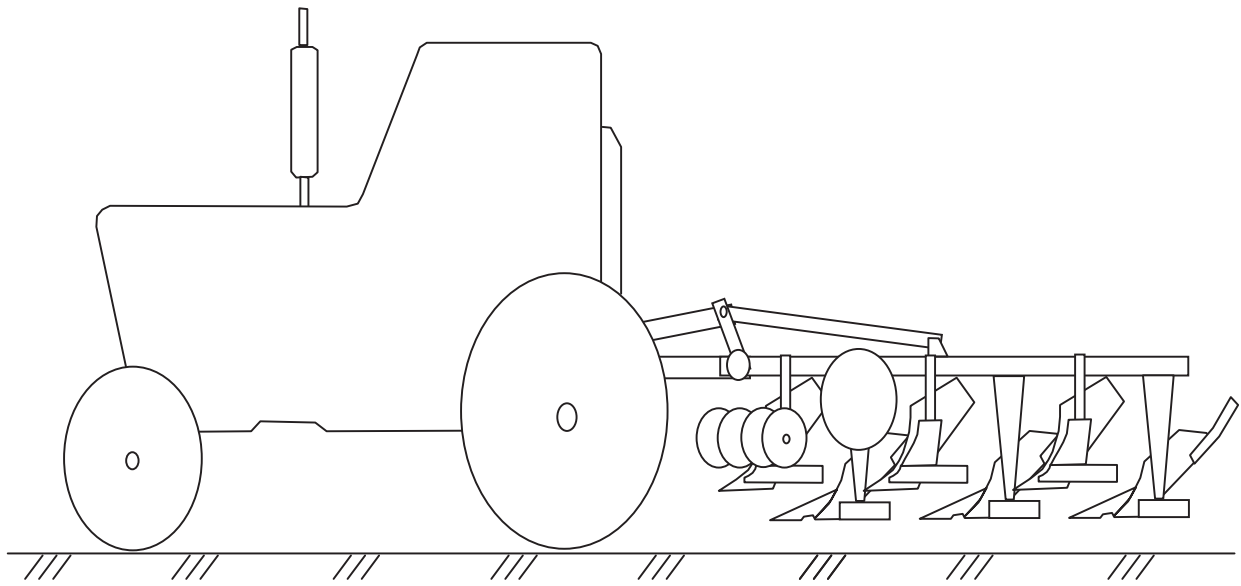


г) комбінований ярусний плуг з  
секціями дискових подрібнювачів

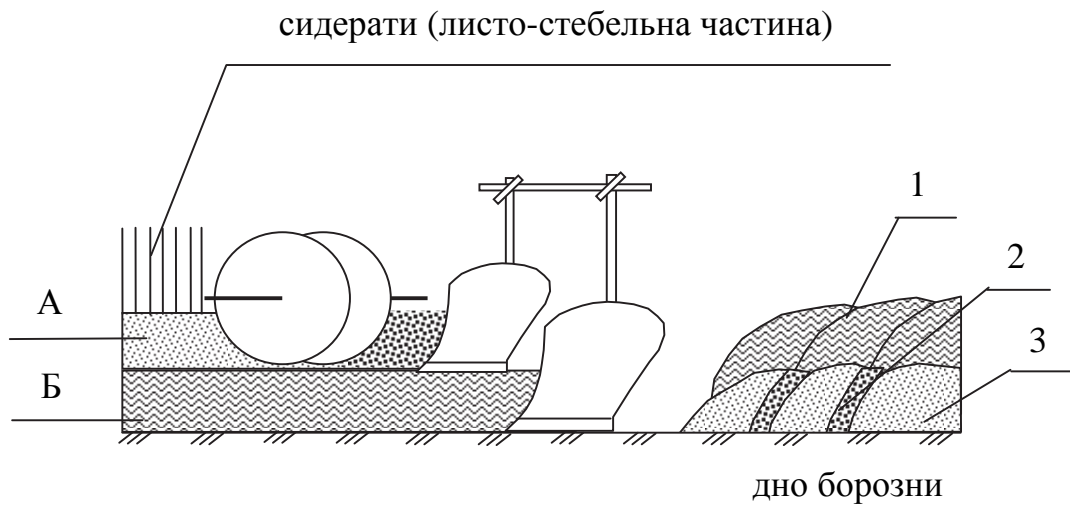


д) комбінований ярусний плуг з набірними котками

**Рис. 1.8. Комбіновані агрегати для загортання сидеральних культур**



**Рис. 1.9. Схема комбінованого агрегату “трактор-дисківий подрібнювач-ярусний плуг”**

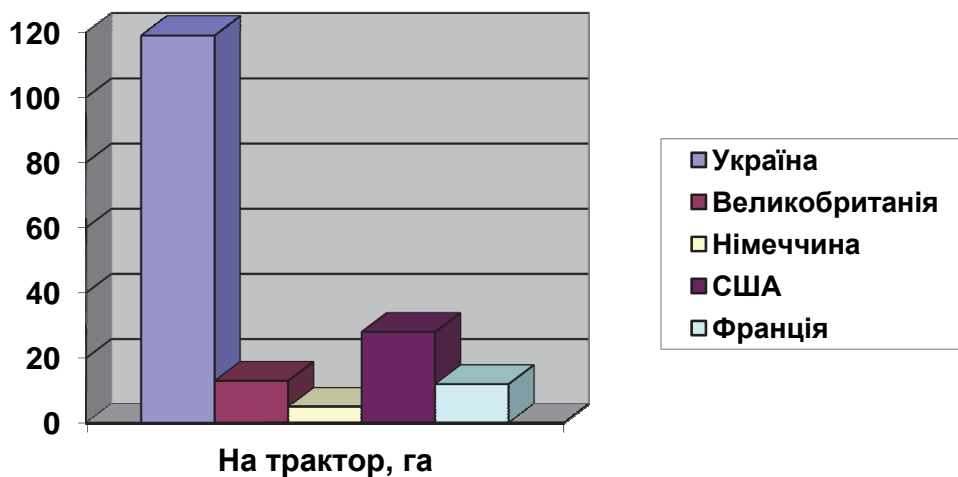


**Рис. 1.10. Схема роботи комбінованого агрегату “трактор-дисківий подрібнювач-ярусний плуг”:** А – зона розміщення кореневищ сидератів;  
 Б – зона деформації ґрунту нижнім корпусом; 1 – ґрунт із зони А;  
 2 – подрібнені сидерати; 3 – ґрунт із зони Б

## 1.7. Наукова гіпотеза, мета і завдання досліджень

При застосуванні зелених добрив, найбільш ваговою за прямими витратами є технологічні операції обробітку ґрунту [30]. При цьому, шляхи ресурсозбереження доцільно шукати в мінімалізації обробітку ґрунту, комплексному вирішенні проблеми заощадження ресурсів обґрунтуванням і створенням комбінованих знарядь [73, 74, 75, 76, 78, 81, 85, 95, 98, 99]. Повний опис конструкцій комбінованих плугів наведено в додатках А, Б, В, Г, Д.

Мінімізація обробітку ґрунту обумовлена також істотним зростанням навантаження на трактори в Україні (рис. 1.11). Для нас це більш актуально за даною причиною, ніж для інших країн з розвинутим агропромисловим виробництвом [28].



**Рис. 1.11. Питоме навантаження на трактор в Україні, Великобританії, Німеччині, США і Франції у 2012 році**

Із аналізу стану проблеми мінімізації обробітку ґрунту та запропонованих комбінованих агрегатів, робимо висновок, що створення комбінованого агрегату на базі ярусного плуга не є доцільним, оскільки застосування двох ярусів призводить до збільшення тягового зусилля агрегату. Тому слід розглянути схему, де замість ярусного плуга застосовується навісний з кутознімачами.



У зв'язку з наведеним вище, висунуто наступну наукову гіпотезу: якщо на навісному плугові встановити дисковий подрібнювач та певним чином підібрати параметри робочих органів, можливо раціонально підібрати таку технологічну схему агрегату, яка дозволить якісно подрібнювати та загортати сидеральні культури, а також зменшити питому енергомісткість процесу за рахунок зменшення проходів агрегату по полю.

У відповідності до наукової гіпотези сформульовано мету та завдання досліджень, які наведені у вступі.

## РОЗДІЛ 2

### МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПЛУГА ІЗ ДИСКОВИМ ПОДРІБНЮВАЧЕМ

#### 2.1. Обґрунтування діаметра дисків подрібнювача рослинних решток

Найбільш прийнятним для подрібнення стебел сидеральних культур є дискові робочі органи. У порівнянні з іншими робочими органами вони менше забиваються рослинними рештками і не утворюють глиб при роботі на сухих ґрунтах.

При загортанні сидеральних культур, дискові робочі органи виконують наступні операції:

- подрібнення рослинних залишків;
- розпушування ґрунту;
- змішування подрібнених рослинних залишків із ґрунтом.

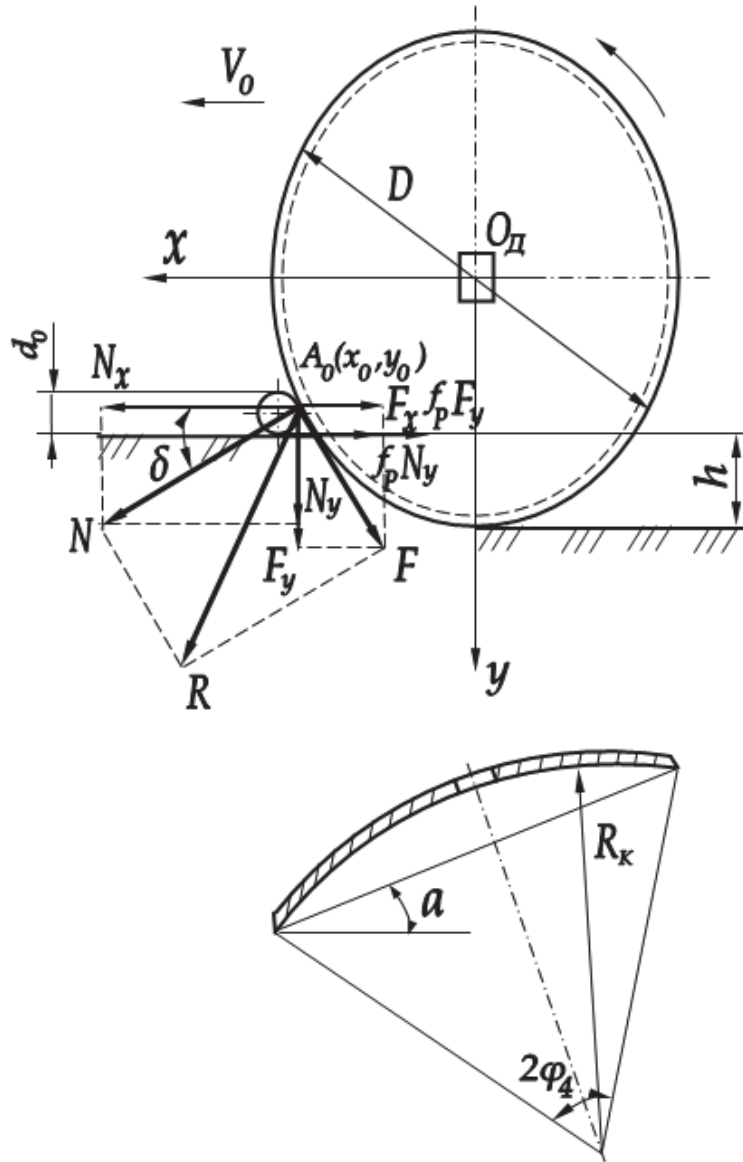
Основними параметрами сферичного дискового робочого органу є діаметр диска  $D$  та радіус кривизни  $R$ .

При взаємодії диска із стеблом може виникнути явище буксування, коли стебло, не перерізуючись, протягується диском. Крім цього може виникнути інше явище, при якому стебла не захоплюються дисковим робочим органом, а накопичуються перед ним. Для попередження цих явищ діаметр диска  $D$  слід вибирати таким, щоб забезпечити затискання стебла, втискування його в ґрунт і подальше перерізання. Це забезпечуватиметься тоді, коли диск перекочується без ковзання.

Для розгляду взаємодії стебла з диском скористаємося схемою, яка зображена на рисунку 2.1.

Контакт диска діаметром  $D$  із стеблом, що лежить під кутом  $\alpha_1$  до напрямку руху знаряддя, відбувається в точці  $A_0$ , що має координати  $x_0$  і  $y_0$ . Як відомо, у момент контакту на стебло діють складові нормальної реакції та сили тертя. При цьому горизонтальна складова нормальної реакції виштовхує стебло

із під диска, а горизонтальна складова сили тертя та сили тертя від дії вертикальної складової нормальної реакції та вертикальної складової сили тертя зтягують стебло під диск.



**Рис. 2.1. Схема взаємодії диска із стеблом культури на поверхні поля**

Перешкоджати виштовхуванню стебла буде його затискання між ґрунтом і диском, яке можна виразити наступною умовою:

$$N_x \leq F_x + f_p N_y + f_p F_y, \quad (2.1)$$

де  $N_x$  – горизонтальна складова нормальної реакції, Н;

$N_y$  – вертикальна складова нормальної реакції, Н;

$F_x$  – горизонтальна складова сили тертя, Н;

$F_y$  – вертикальна складова сили тертя, Н;

$f_p$  – коефіцієнт тертя рослинних решток по ґрунту, відн. од.

Підставивши значення сил:

$$F = f_c N; F_x = F \sin \delta = f_c N \sin \delta; F_y = F \cos \delta = f_c N \cos \delta, \quad (2.2)$$

де  $N$  – нормальна реакція, Н;

$F$  – сила тертя, Н;

$f_c$  – коефіцієнт тертя рослинних решток по сталі, відн. од.;

$\delta$  – кут, що визначає напрямок нормалі, рад.,

умова зтягування рослинних решток під диск запишеться у наступному вигляді:

$$N_x \leq f_c N \sin \delta + f_p N_y + f_p f_c N \cos \delta. \quad (2.3)$$

Розділивши на  $N$ , отримаємо:

$$\begin{aligned} \cos \delta &\leq f_c \sin \delta + f_p \sin \delta + f_p f_c \cos \delta \\ \operatorname{ctg} \delta &\leq f_c + f_p + f_p f_c \operatorname{ctg} \delta \\ \operatorname{ctg} \delta (1 - f_p f_c) &\leq f_c + f_p \\ \operatorname{ctg} \delta &\leq \frac{f_c + f_p}{1 - f_p f_c} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Приведемо отриманий вираз до геометричних параметрів диска. Оскільки площина диска по відношенню до стебла розташовується під деяким кутом, то приймемо, що поперечний переріз стебла зважаючи на малий діаметр, буде

колом діаметром  $d_o$ , тоді, як відомо, рівняння кола диска, що є еліпсом виглядатиме таким чином:

$$\frac{x^2}{R^2 \cos^2 \alpha} + \frac{y^2}{R^2} = 1, \quad (2.5)$$

де  $R$  – радіус диска, м;

$\alpha$  – кут установки диска, рад.

Із цього виразу обчислимо координату  $x_o$  точки контакту  $A_0$ :

$$x_o = \frac{\sqrt{R^2 - y_o^2}}{\cos \alpha}. \quad (2.6)$$

У точці контакту  $A_0$

$$y_o = R - h - 0,5d_o(1 + \cos \delta). \quad (2.7)$$

Враховуючи, що діаметр стебла  $d_o$ , який не перевищує 40 мм, значно менше діаметр диска  $D$  [40], величиною  $0,5d_o(1 + \cos \delta)$  можна нехтувати, тоді

$$y_o = R - h \quad (2.8)$$

де  $h$  - глибина обробітку ґрунту, м.

Тоді, геометричну умову затискання стебла між диском і ґрунтом можна записати в наступному вигляді:

$$\operatorname{ctg} \delta = \frac{x_o}{y_o} \leq f = \frac{f_C + f_P}{1 - f_P f_C}, \quad (2.9)$$

або в розгорнутому вигляді

$$\frac{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{(R-h)\cos\alpha} \leq f. \quad (2.10)$$

Зведемо обидві частини нерівності в квадрат:

$$\frac{R^2 - (R-h)^2}{(R-h)^2 \cos^2 \alpha} \leq f^2.$$

$$\frac{2Rh - h^2 - f^2 (R-h)^2 \cos^2 \alpha}{(R-h)^2 \cos^2 \alpha} \leq 0,$$

звідки, після ряду перетворень, отримаємо квадратну нерівність щодо радіусу диска

$$\frac{f^2 R^2 \cos^2 \alpha - 2h(1 + f^2 \cos^2 \alpha)R + h^2(1 + f^2 \cos^2 \alpha)}{(R-h)^2 \cos^2 \alpha} \geq 0,$$

або

$$\frac{f^2 \left( R^2 - 2h \frac{1 + f^2 \cos^2 \alpha}{f^2 \cos^2 \alpha} R + h^2 \frac{1 + f^2 \cos^2 \alpha}{f^2 \cos^2 \alpha} \right)}{(R-h)^2} \geq 0. \quad (2.11)$$

Оскільки знаменник даної нерівності завжди має позитивне значення, то вона буде виконуватися, лише тоді коли вираз у дужках також буде мати позитивне значення. Рішаючи квадратне рівняння в чисельнику отримаємо:

$$R_{1,2} = h \frac{1 + f^2 \cos^2 \alpha}{f^2 \cos^2 \alpha} \pm \sqrt{h^2 \frac{(1 + f^2 \cos^2 \alpha)^2}{f^4 \cos^4 \alpha} - h^2 \frac{1 + f^2 \cos^2 \alpha}{f^2 \cos^2 \alpha}};$$

$$R_{1,2} = h \left( \frac{1 + f^2 \cos^2 \alpha}{f^2 \cos^2 \alpha} \pm \sqrt{\frac{1 + 2f^2 \cos^2 \alpha + f^4 \cos^4 \alpha - f^2 \cos^2 \alpha - f^4 \cos^4 \alpha}{f^4 \cos^4 \alpha}} \right).$$

Остаточно отримаємо:

$$R_{1,2} = \frac{h}{f^2 \cos^2 \alpha} \left( 1 + f^2 \cos^2 \alpha \pm \sqrt{1 + f^2 \cos^2 \alpha} \right). \quad (2.12).$$

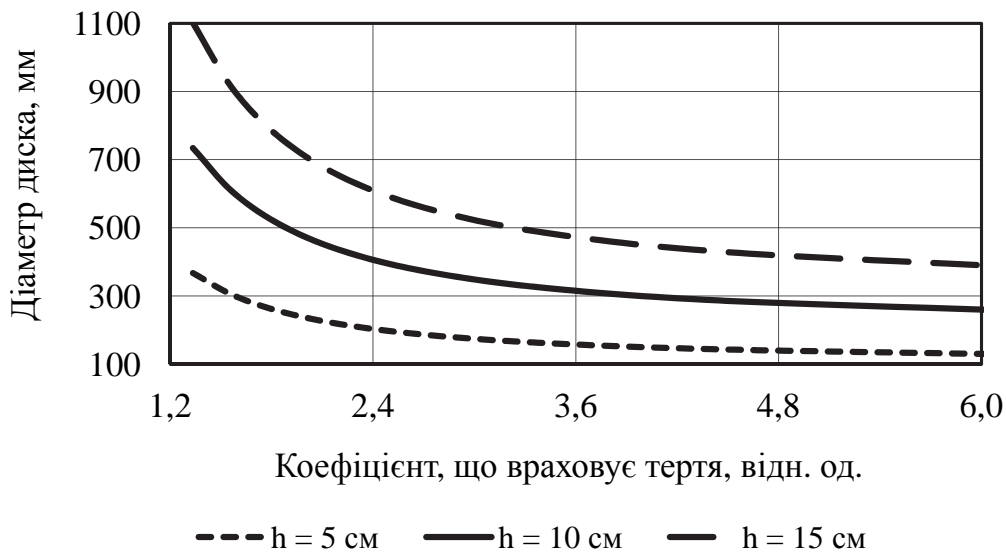
Аналіз показав, що чисельник нерівності (2.11) має позитивне значення при  $R \geq R_1$  та  $R \leq R_2$ . Причому, значення радіуса диска  $R_2$ , для реальних умов обробітку ґрунту, як правило, менше глибини обробітку, а тому радіус диска необхідно розраховувати за виразом:

$$R \geq \frac{h}{f^2 \cos^2 \alpha} \left( 1 + f^2 \cos^2 \alpha + \sqrt{1 + f^2 \cos^2 \alpha} \right). \quad (2.13).$$

На рис. 2.2 представлені залежності діаметра диска від коефіцієнта, що враховує тертя  $f = \frac{f_C + f_P}{1 - f_P f_C}$  та глибини обробітку ґрунту при величині кута установки дисків  $\alpha = 45^\circ$ . На графіку приведено мінімальне значення діаметра диска.

Як видно з графіків із зростанням сумарного коефіцієнта, що враховує тертя, мінімальний діаметр дисків знижується. Згідно проведених досліджень [40] коефіцієнт тертя рослинних залишків об ґрунт рівний  $f_P = 1 \dots 1,1$ , а об сталь –  $f_C = 0,5 \dots 0,6$ . Тоді коефіцієнт, що враховує тертя знаходиться в межах

$$f = \frac{f_C + f_P}{1 - f_P f_C} = 3 \dots 5.$$



**Рис. 2.2. Залежність діаметра диска подрібнювача від коефіцієнта, що враховує тертя та глибини обробки ґрунту**

Радіус кривизни дисків визначається згідно з відомим співвідношенням [39]:

$$R_k = \frac{D}{2 \sin \varphi_4},$$

де  $\varphi_4$  – кут при вершині сектора.

Таким чином, мінімальний діаметр диску подрібнювача визначається коефіцієнтами тертя рослинних решток по ґрунту й по сталі, кутом установки дисків та глибиною обробки ґрунту. Встановлено, що при обробку ґрунту на глибину 5 см мінімальний діаметр диску подрібнювача має становити 120-140 мм, на 10 см – 300-420 мм, на 15 см – 480-640 мм.

## **2.2. Обґрунтування відстані між дисками подрібнювача рослинних решток**

Важливим параметром подрібнювача рослинних решток є відстань між дисками  $d_0$ , оскільки його правильний вибір дозволяє запобігти забиванню дискової батареї стеблами культур і забезпечити їх подрібнення.



Загальновідомо, що довжина сліду диска на поверхні поля становить:

$$l_1 = 2\sqrt{h(D-h)}. \quad (2.14)$$

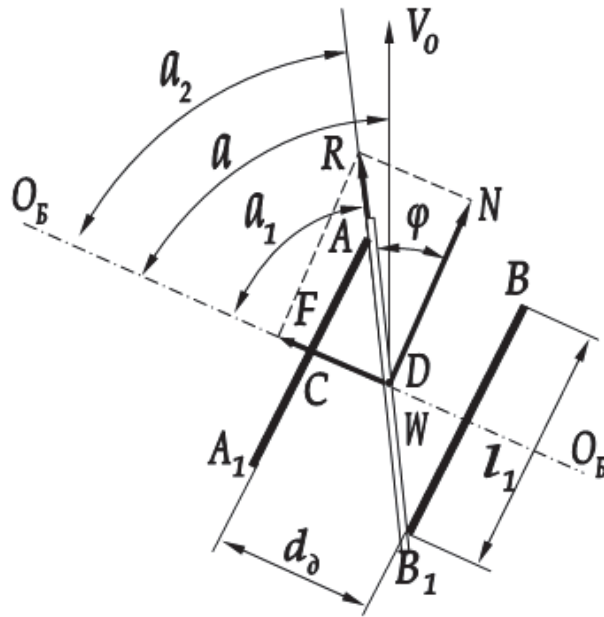
де  $l_1$  – довжина сліду диска на поверхні поля, м.

Для визначення відстані між дисками розглянемо схему, зображену на рисунку 2.3. У момент контакту стебла рослини  $W$  з віссю батареї  $O_B - O_B$ , стебло відхиляється від нормалі  $N$  на кут тертя стебла по сталі  $\varphi$ , який знаходиться в межах від  $34^\circ$  до  $39^\circ$ , тому кут нахилу повної реакції  $R$  до осі батареї  $O_B - O_B$  рівний  $\alpha_2 = 90^\circ - \varphi$ . Якщо напрям руху вісі батареї  $V_o$  потрапляє в кут, утворений повною реакцією  $R$  і нормаллю  $N$  ( $\varphi \geq 90^\circ - \alpha$ ), то унаслідок сили тертя стебло захоплюватиметься віссю  $O_B - O_B$  і буде нахилитися до обріза диска. Відповідно, кут атаки, утворений віссю  $O_B - O_B$  і напрямом руху  $V_o$  повинен перевищувати кут нахилу повної реакції  $R$  до осі батареї  $O_B - O_B$ :

$$\alpha \geq \alpha_2 = 90^\circ - \varphi. \quad (2.15)$$

Після контакту з віссю похиле стебло вступає у контакт з диском в крайній точці  $A$  сліду диска. Умова того, що простір між дисками не буде забиватися виражається в тому, щоб в кожен момент часу стебло розрізалось одним диском. При цьому відрізані шматки не будуть попадати в простір між дисками. Із схеми на рис. 2.3 видно, що у момент контакту стебла з диском в точці  $A$ , наступний диск  $BB_1$  повинен вийти з контакту із стеблом своєю крайньою точкою сліду  $B_1$ , тому відстань між дисками  $d_o$  повинна бути більша за подвоєну відстань  $CD$ . Із схеми (рис. 2.3) маємо:

$$CD \geq \frac{0,5l_1}{\operatorname{tg}(90^\circ - \varphi)} = \frac{0,5l_1}{\operatorname{ctg}\varphi} = 0,5l_1 \operatorname{tg}\varphi = 0,5l_1 f .$$



**Рис. 2.3. Схема до визначення відстані між дисками подрібнювача рослинних решток**

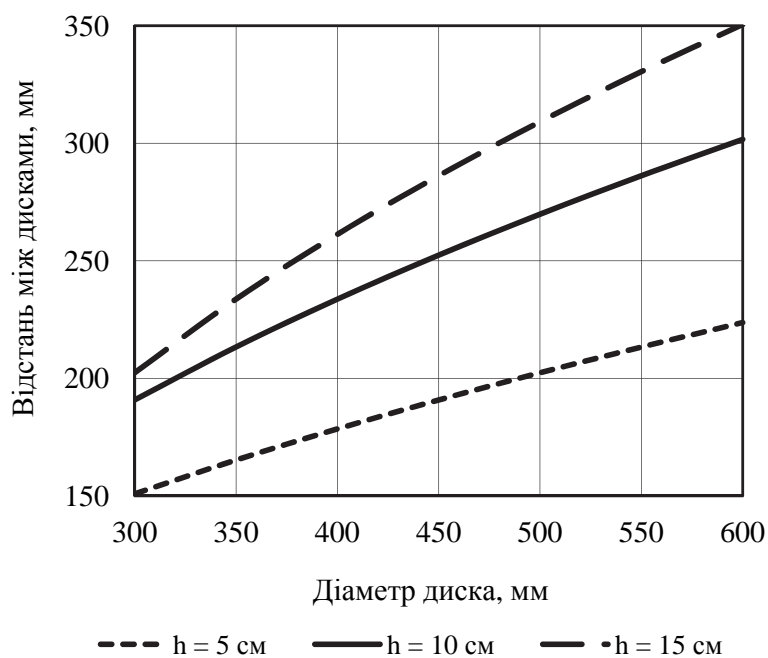
Остаточно умову для визначення відстані між дисками можна записати в наступному вигляді:

$$d_0 = 2CD \geq \frac{l_1}{\operatorname{ctg}\varphi} = 2\operatorname{tg}\varphi \sqrt{h(D-h)} = 2f \sqrt{h(D-h)} = fl_1 . \quad (2.16)$$

Таким чином, величина відстані між дисками є функцією діаметру диска, глибини обробітку ґрунту та фрикційних властивостей рослинних решток.

На рис. 2.4 представлені залежності відстані між дисками у функції діаметру диска та глибини обробки ґрунту.

Фактичну величину відстані між дисками належить приймати залежно від ступеня подрібнення при дотриманні нерівності (2.16). Чим менше буде відстань між дисками, тим вище буде ступінь подрібнення.



**Рис. 2.4. Залежність відстані між дисками подрібнювача від діаметра дисків та глибини обробки ґрунту**

Отже, мінімальна відстань між дисками батареї дисків подрібнювача рослинних решток визначається коефіцієнтом тертя рослинних решток по сталі, діаметром дисків та глибиною обробітку ґрунту. Так, при обробітку ґрунту дисками діаметром 400 мм на глибину 5 см, мінімальна відстань між дисками батареї дисків подрібнювача має бути 170-180 мм, на 10 см – 230-240 мм, а на 15 см – 255-265 мм.

## **2.3. Обґрунтування параметрів і геометрична модель загортаючих робочих органів**

### **2.3.1. Загальна компоновка загортаючих робочих органів**

Робочими органами, призначеними для загортання рослинних решток, є корпуси плугів, що мають добре розвинену лемішно-відвальну поверхню.

Для поліпшення загорання рослинних решток корпусу плугів оснащуються допоміжними робочими органами: передплужниками і кутознімами.

Конструкція і теорія передплужника розроблені достатньо детально [39, 40, 42, 43]. Передплужник є зменшеним корпусом плуга, який кріпиться на стійці до рами плуга. Якщо при заорюванні стерні наявність стійки не позначається, то при загоранні довгостеблових рослинних решток наявність стійки передплужника приводить до його забивання. Плуг при цьому виглиблюється і закладення рослинних решток різко погіршується. До того ж передплужник допускає регулювання тільки по висоті та має високу металомісткість.

Кутознім є відсіком поверхні, увігнутих по напрямку руху плуга, який кріпиться у верхній частині бороздового обрізу корпусу плуга. Відсутність додаткової стійки значно знижує вірогідність забивання, а кріплення кутозніма в одній точці забезпечує високий діапазон регулювань.

На рисунку 2.5 представлена компоновка загортаючого робочого органу, в якому основним є корпус плуга, а допоміжним – кутознім, яка дає можливість визначити наступні параметри основного загортаючого робочого органу у якості якого виступає корпус плуга:

$a$  – глибина обробки, мм;

$b$  – ширина захвату корпусу плуга, мм;

$\gamma_0$  – кут установки лемеша в плані, град.;

$m(x, y, z)$  – направляюча крива поверхні корпусу плуга, що володіє певними геометричними властивостями;

$\alpha$  – кут кришення, утворений дотичною площиною до направляючої кривої  $m$  в початковій точці  $D$ ;

$\gamma(u)$  – функція кута нахилу лемішно-відвальної поверхні  $g_k$  твірної до стінки борозни;

$u$  – деякий параметр функції  $\gamma(u)$  у якості якого, можуть виступати координати  $x$  або  $y$ ;

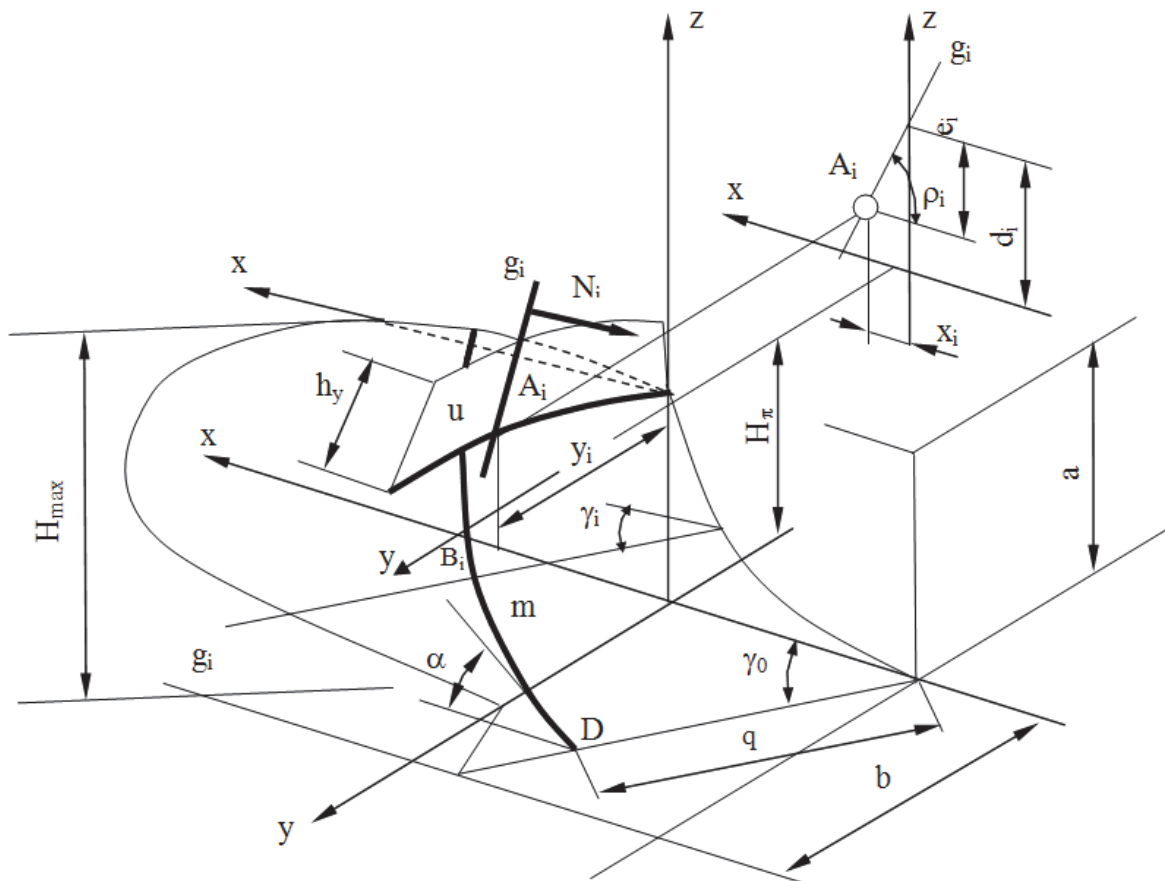
$\gamma_{\min}$  – мінімальне значення функції кута нахилу твірної до стінки борозни, град.;

$i$  – індекс точки інцидентності  $B_i$ , твірної  $g_{ki}$  і направляючої  $m(x, y, z)$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ );

$q$  – відстань площини направляючої кривою від носка лемеша, мм;

$H_{\max}$  – максимальна висота відвала, мм;

$H_n$  – висота польового обріза, мм.



**Рис. 2.5. Компоновка загортаючих робочих органів**

До параметрів кутозніма можна віднести наступні:

$u(x, y, z)$  – направляюча крива поверхні кутозніма;

$g$  – твірна поверхні кутозніма;

$N$  – нормаль до поверхні кутозніма;

$\varepsilon(y)$  – функція кута нахилу нормалі  $N$  до поверхні кутозніма в горизонтальній площині;

$\mu(y)$  – функція кута нахилу нормалі  $N$  до поверхні кутозніма у вертикальній площині;

$i$  – індекс точки інцидентності  $A_i$  з поверхні твірної кутозніма  $g_i$  і направляючою кривою  $u(x, y, z)$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ );

$y$  – координата, виступаюча як параметр функцій  $\varepsilon(y)$  і  $\mu(y)$ ;

$h_y$  – ширина кутозніма.

Обґрунтування цих параметрів відповідно до фізико-механічних властивостей ґрунтів дозволяє отримати необхідну якість закладення рослинних решток.

### **2.3.2. Обґрунтування параметрів і розробка лемішно-відвальної поверхні корпусу плуга**

Лемішно-відвальні поверхні, які використовуються як відвали плугів мають широке розповсюдження, тому методиці їх проектування і обґрунтування параметрів присвячено багато робіт [39, 40, 42, 43, 112, 114, 115, 141]. Останнім часом розроблений універсальний метод проектування адаптивних лемішно-відвальних поверхонь [45], що має достатню універсальність.

Згідно цьому методу задається система координат  $O_{xyz}$  так, щоб площина  $O_{yx}$  співпадала з дном борозни, а площина  $O_{xz}$  – із стінкою, тоді вісь  $O_x$  буде направлена протилежно руху корпусу плуга.

Поверхня відвала утворюється рухом прямої лінії, що має проекцію:

$$y = a(u)x + c(u) \quad (2.17)$$

на площині дна борозни  $O_{xy}$  і

$$z = b(u)x + d(u) \quad (2.18)$$

на площині стінки борозни  $O_{xz}$ .

Прямолінійна утворююча поверхні  $g_k$  має направляючу криву

$$m: \quad x = (u), \quad y = y(u), \quad z = z(u),$$

де  $u$  – параметр, загальну точку  $B(x, y, z)$  (рис. 2.6).

Положення утворюючої  $g_k$  визначається кутом нахилу  $\gamma$  до осі  $O_x$  в площині дна борозни і кутом  $\beta$  в площині стінки борозни. Оскільки положення утворюючої у просторі при переміщенні точки інцидентності  $B(x, y, z)$  змінюватиметься, то величини  $a(u)$ ,  $c(u)$ ,  $b(u)$  і  $d(u)$ , що входять в (2.17) і (2.18) теж змінюватимуться із зміною параметра  $u$ , причому,  $tg\gamma(u) = a(u)$  а  $tg\beta(u) = b(u)$ .

У роботі [45] на підставі співвідношення

$$\frac{dc}{du} \cdot \frac{db}{du} - \frac{dd}{du} \cdot \frac{da}{du} = \lambda,$$

і проєкцій утворюючих (2.17) і (2.18) виводиться диференціальне рівняння положення утворюючих:

$$\frac{db}{du} - b \frac{da}{du} \cdot \frac{dx}{du} \cdot A^{-1} = \frac{dz}{du} \cdot \frac{dy}{du} \cdot A^{-1} \quad (2.19)$$

$$\text{де } A = \lambda \left( \frac{dy}{du} - a \frac{dx}{du} \right) - \frac{da}{du} (\lambda - 1).$$

У отриманому диференціальному рівнянні (2.19) коефіцієнт  $\lambda$  грає роль аналога повної кривизни поверхні. При  $\lambda = 0$  поверхня стає такою, що розгортається. У такої поверхні повна кривизна рівна нулю. Це означає, що пласт ґрунту сприймає тільки деформацію простого вигину. Для закладення рослинних залишків необхідне інтенсивне розпушення ґрунту, тому пласт повинен сприймати крім деформації простого вигину, ще пластичні, сприяючі розпушенню пласта, які збільшуються із зростанням  $\lambda$ .

На підставі досліджень Л.В. Гячева [113, 149] величину  $\lambda$  можна приймати в межах  $\lambda = 0,05 - 0,4$ .

Згідно існуючих методик [113, 123, 127, 142, 145, 147, 148, 150], для побудови поверхні задається функція зміни кута нахилу твірної  $g_k$  до стінки борозни  $\gamma = \gamma(u)$   $a(u) = tg\gamma(u)$  при переміщенні точки інцидентності  $B$  уздовж направляючої  $m$ . Задавшись початковими значеннями  $a_o = tg\gamma_o$  і  $b_o = tg\beta_o$  вирішуючи диференціальне рівняння (2.19) отримуємо функцію кута нахилу проєкції утворюючої  $b = b(u)$  на площині  $Oxy$ , яка співпадає із стінкою борозни.

Оскільки аналітичне представлення функції  $\gamma(u)$  можливе не завжди то рівняння слід інтегрувати чисельними методами, заздалегідь описавши функцію  $\gamma(u)$  за допомогою сплайнів.

Отримавши залежність  $b(u)$  будуюмо направляючу криву  $m$ , а потім каркас утворюючих  $g_k$ .

Лобовий контур поверхні будується за відомими правилами [39], а після побудови лобової проєкції поверхні будуються горизонтальна і бічна проєкції.

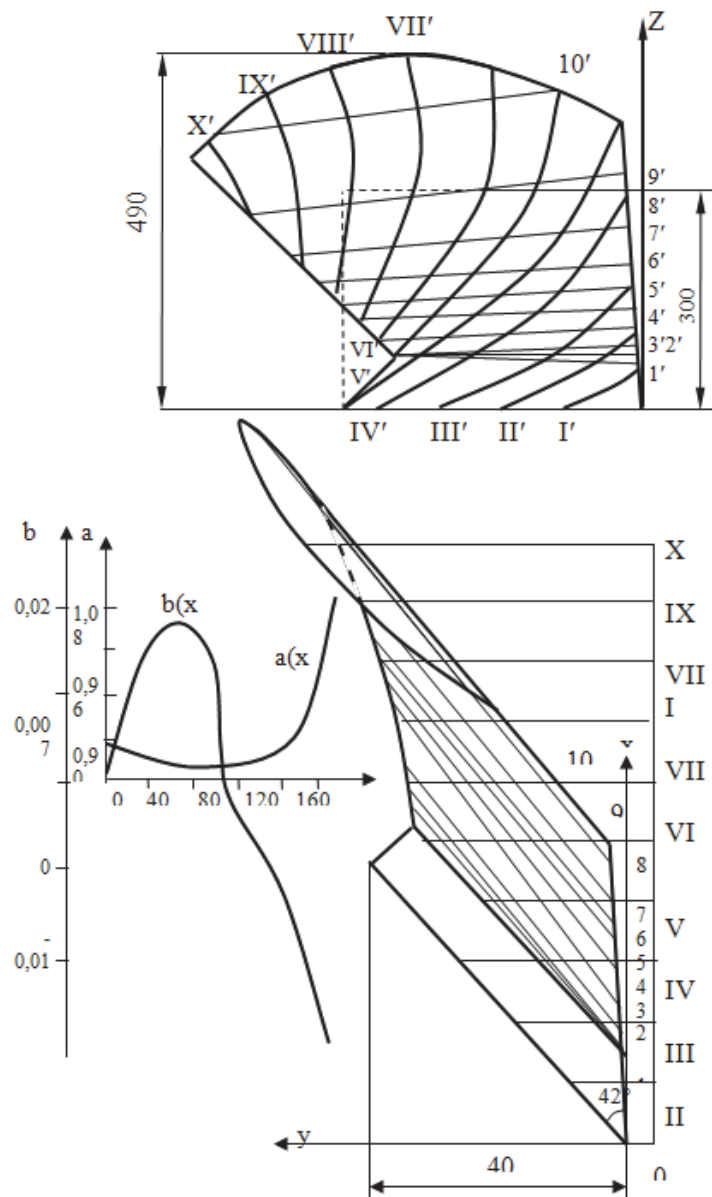
По методиці спроектований напівгвинтовий корпус з наступними параметрами:

- кут установки леза лемеша в плані  $\gamma_o = 42^\circ$ ;
- кут нахилу площини лемеша до дна борозни (кут кришення)  $\alpha = 24^\circ$ ;
- максимальна ширина захвату корпусу  $b = 400$  мм;



- функція кута нахилу твірної до стінки борозни  $a(u)$  прийнята відповідно до рекомендацій для проектування напівгвинтових корпусів [39] з початковим значенням  $a_o = 0,84$ , кінцевим  $a_k = 49^\circ$  і мінімальним  $a_{\min} = 0,79$ ;
- максимальна глибина оранки  $a = 300$  мм;
- направляюча крива – парабола, що має виліт  $l = 0,23$  м;
- як параметр прийнята координата  $x$ .

Креслення поверхні відвала разом з графіками функцій  $a(x)$  і  $b(x)$  представлені на рисунку 2.6.



**Рис. 2.6. Поверхня напівгвинтового корпусу для закладення рослинних решток**

В цьому випадку, як параметр  $i$  була прийнята координата  $x$ , що дещо спростило побудови. Як видно з рисунку, поверхня має добре розвинене крило, а її поперечні перетини здійснюють обертання навколо п'яти лемеша.

### 2.3.3. Технологічна модель роботи кутозніма

Завданням кутозніма, як допоміжного загортаючого робочого органу, є поліпшення закладення рослинних залишків, що знаходяться на поверхні поля. Це досягається відділенням від перетину пласта кута і скиданням його на дно борозни, випереджаючи пласт, що обертається.

Кут нахилу відваленого пласта залежатиме від того, яку частину пласта відокремить кутознім, тому це питання вимагає спеціальних досліджень. На рисунку 2.7 зображена схема обороту пласта в припущенні, що його поперечний перетин  $ABCD$  є плоскою фігурою, яка не змінюється при переміщенні.

При оранці перетин пласта  $ABCD$ , згідно відомій схемі Лямбручині-Рідольфі, обертаючись навколо ребра  $A$  займає положення  $AB_1C_1D_1$  коли діагональ пласта  $AC_1$  розташовується вертикально. У цьому положенні кут, відокремлюваний кутознімом має найбільшу площу.

Позначимо площу, відокремлювану кутознімом  $N_1C_1P_1$ . Її величина істотно залежатиме від висоти установки кутозніма від дна борозни  $h$ . Ця площа визначиться трикутником  $N_1C_1P_1$ .

Після положення  $AB_1C_1D_1$  пласт повертається до тих пір, поки грань пласта не співпаде з дном борозни. Після цього перетин пласта, обертаючись навколо ребра  $B$ , його положення позначене  $B_K$ , встановиться так, що укіс  $NP$  упирається в ребро  $A$  раніше відваленого пласта. Це ребро позначене на рис. (2.7) точкою  $A_3$ .

У повністю оберненому положенні  $B_KN_2P_2D_2A_2$  грань перетину пласта  $B_KN_2$  розташовуватиметься під кутом  $\omega$  до горизонту. Легко бачити, що

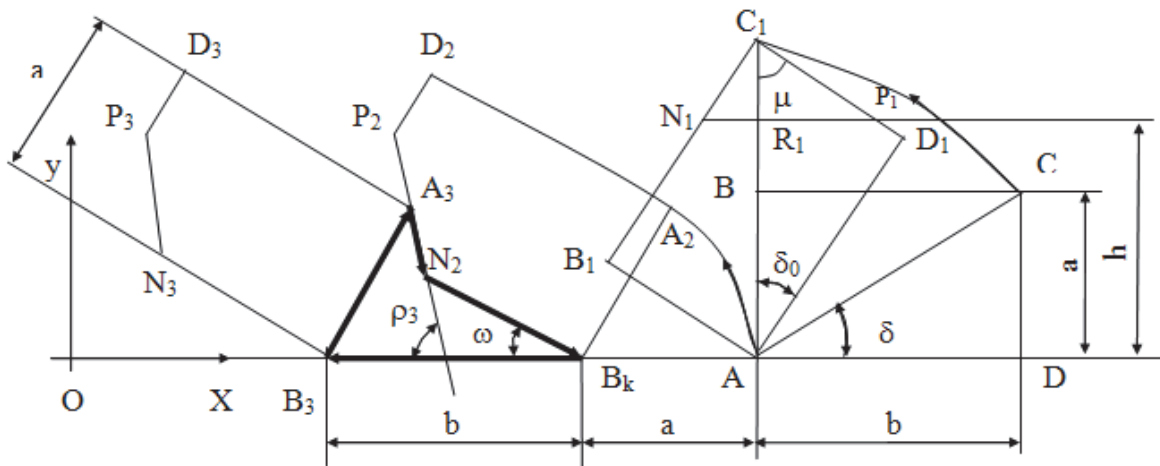
величина цього кута залежатиме від положення точки  $A_3$  на укосі  $N_2F_2$ . Чим ближче точка  $A_3$  наближатиметься до ребра  $F_2$  тим кут  $\omega$  буде менший.

Для визначення залежності кута нахилу пласта від висоти установки кутозніма  $h$  введемо систему координат  $O_{xy}$ , початок якої розташовується в точці  $B_3$ .

Запишемо суму сторін багатокутника, утвореного сторонами перетинів пласта як суму векторів

$$\vec{B_3A_3} + \vec{A_3N_2} + \vec{N_2B_k} + \vec{B_3B_k} = 0. \quad (2.20)$$

Виразимо довжину кожного вектора що входить в (2.20) через параметри пласта і висоту установки кутозніма.



**Рис. 2.7. Схема обороту пласта плуговим корпусом, обладнаному кутознімом**

Легко бачити, що довжина вектора  $\vec{B_3B_k}$  рівна ширині захвату корпусу плуга  $b$ :

$$\vec{B_3B_k} = b. \quad (2.21)$$

Довжина вектора  $\vec{B_3A_3}$  рівна глибині оранки  $a$ :

$$\overline{B_3A_3} = a.$$

Для визначення геометричних параметрів пласта після відділення кута кутознімом, розглянемо трикутник  $N_1C_1P_1$ . Цей трикутник відділяється кутознімом, коли діагональ пласта  $AC$  займає вертикальне положення  $AC_1$ . Розіб'ємо  $\Delta N_1C_1P_1$  на два –  $\Delta N_1C_1R_1$  і  $\Delta R_1C_1P_1$ , що мають суміжну сторону  $C_1R_1$ .

Сторона  $C_1R_1$  визначається різницею довжини діагоналі пласта і висотою установки кутозніма  $h$  від дна борозни:

$$C_1R_1 = AC_1 - h = \sqrt{a^2 + b^2} - h. \quad (2.22)$$

Кут  $R_1C_1P_1 = \mu$  визначимо за виразом

$$\mu = 90^\circ - \delta_o,$$

де  $\delta_o$  – кут нахилу діагоналі пласта.

$$\delta_o = \operatorname{arctg} \frac{a}{b}.$$

Із  $\Delta C_1R_1P_1$  сторона  $R_1P_1$  рівна

$$R_1P_1 = C_1R_1 \cdot \operatorname{tg} \mu = (\sqrt{a^2 + b^2} - h) \cdot \operatorname{ctg} \delta_o. \quad (2.23)$$

Відповідно з  $\Delta N_1C_1R_1$ :

$$N_1R_1 = C_1R_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_o = (\sqrt{a^2 + b^2} - h) \cdot \operatorname{tg} \delta_o. \quad (2.24)$$

Повна довжина укусу рівна

$$N_1P_1 = R_1P_1 + N_1R_1 = (\sqrt{a^2 + b^2} - h) \cdot (\operatorname{ctg} \delta_o + \operatorname{tg} \delta_o). \quad (2.25)$$

Кути укосу перетину пласта  $NP$  складуть:

із гранню  $B_1C_1$

$$\angle R_1N_1B_1 = 90^\circ - \delta_o; \quad (2.26)$$

із гранню  $C_1D_1$

$$\angle R_1P_1D_1 = 180^\circ - \delta_o. \quad (2.27)$$

Довжина грані  $B_1N_1$  дорівнює:

$$B_1N_1 = b - N_1C_1 = b - \frac{\sqrt{a^2 + b^2} - h}{\cos \delta_o}. \quad (2.28)$$

Кут нахилу вектора  $A_3N_2$  до горизонту становить

$$\rho_3 = 90^\circ + \delta_o + \omega. \quad (2.29)$$

Тепер можна записати суму векторів (2.20), підставивши значення довжин і кутів нахилу до горизонту обчисленими за формулами (2.22), (2.29). Запис зробимо з урахуванням вибраної системи координат  $O_{xy}$  (рис. 2.7).

Проекції векторів на вісь  $O_x$ :

$$\sum_x = a \cdot \cos(90^\circ - \omega) + A_3N_2 \cdot \cos \rho_3 + N_2B_k \cdot \cos \omega - b = 0.$$

Після перетворень отримаємо наступний вираз

$$\sum_x = a \cdot \sin \omega + A_3 N_2 \cdot \sin(\delta_o + \omega) + \left(b - \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - h}}{\cos \delta_o}\right) \cdot \cos \omega - b = 0. \quad (2.30)$$

Отриманий вираз має дві невідомі величини – це довжина вектора  $A_3 N_2$  і кут нахилу пласта  $\omega$ . Тому запишемо суму векторів на вісь  $O_y$ :

$$\sum_y = A_3 B_3 \cdot \sin(90^\circ - \omega) - A_3 N_2 \cdot \sin \rho_3 - N_2 B_k \cdot \sin \omega = 0.$$

Перетворивши отримане рівняння матимемо:

$$\sum_y = a \cdot \cos \omega - A_3 N_2 \cdot \cos(\delta_o + \omega) - \left(b - \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - h}}{\cos \delta_o}\right) \cdot \sin \omega = 0. \quad (2.31)$$

З останнього рівняння (2.31) виразимо невідомий вектор  $A_3 N_2$

$$A_3 N_2 = - \frac{a \cos \omega + \left[ b - \frac{\sqrt{a^2 + b^2 - h}}{\cos \delta_o} \right] \sin \omega}{\cos(\delta_o + \omega)},$$

та підставивши його значення в рівняння (2.30) отримаємо:

$$a \sin \omega + \left[ \frac{a \cos \omega + N_2 B_k \sin \omega}{\cos(\delta_o + \omega)} \right] \sin(\delta_o + \omega) - N_2 B_k \cdot \cos \omega - b = 0.$$

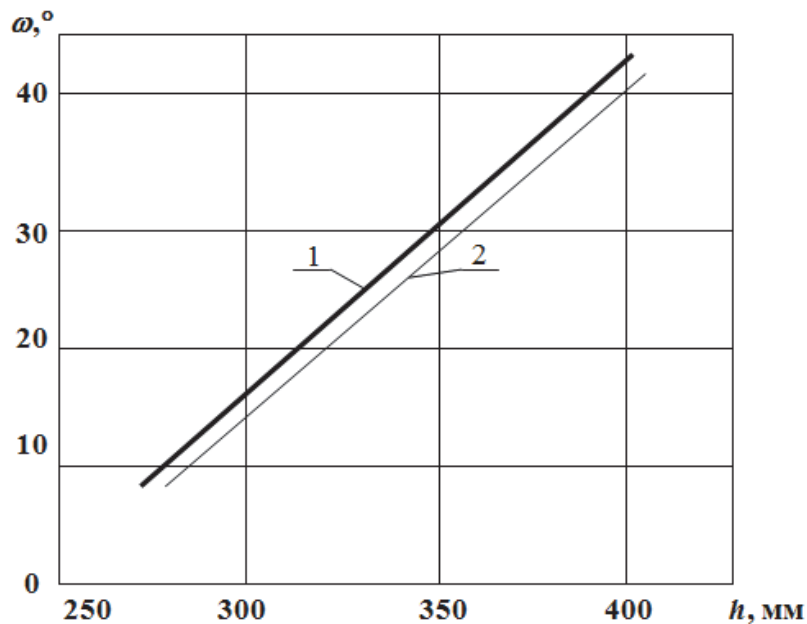
Враховуючи, що  $\sin(\delta_o + \omega) = \sin \delta_o \cos \omega + \cos \delta_o \sin \omega$ ;  
 $\cos(\delta_o + \omega) = \cos \delta_o \cos \omega - \sin \delta_o \sin \omega$ , після перетворень приходимо до

нелінійного рівняння, яке встановлює залежність між висотою установки кутозніма  $h$  і кутом  $\omega$  нахилу пластів:

$$\frac{b \sin \delta_o}{\sin \omega} - \frac{b \cos \delta_o}{\cos \omega} - (N_2 B_k \cos \delta_o + a \sin \delta_o) \operatorname{ctg} \omega - (a \sin \delta_o + N_2 B_k \cos \delta_o) \operatorname{tg} \omega = 0, \quad (2.32)$$

$$\text{де } N_2 B_k = b - \frac{\sqrt{a^2 - b^2} - h}{\cos \delta_o}.$$

На рисунку 2.8 представлені залежності  $\omega = f(h)$ .



**Рис. 2.8. Залежність кута нахилу пласта від висоти установки кутозніма: 1 – переріз пласта 400х300 мм (корпус ПТК-21); 2 – переріз пласта 350х200 мм (корпуси П-5-35, ПЛЖ-31)**

Цікавим є той факт, що залежності  $\omega = f(h)$  для перерізів пласта 400х300 і 350х200 практично зливаються. Це говорить про те, що кут нахилу пластів до горизонту в першу чергу залежить від відношення глибини оранки до ширини захвату корпусу плуга.

На практиці в межах  $h = 300 \dots 400$  мм і для відношення

$$\frac{b}{a} = (1,34 \div 1,74),$$

залежність (2.32) можна апроксимувати лінійною функцією

$$\omega = 0,23h - 50,5,$$

що робить розрахунок кута  $\omega$  значно менш громіздким.

#### 2.3.4. Геометрична модель поверхні кутозніма

Для проектування поверхонь ґрунтообробних робочих органів прийнятні лінійчаті поверхні як найбільш технологічні. Однією з таких поверхонь є поверхня циліндроїда.

Відповідно до рис. 2.9 поверхня кутозніма утворюється рухом твірної  $g_i$ , яка має з направляючою  $u$  загальну точку  $A_i$  і залишається паралельній площині  $O_{xz}$  в будь-якому  $i$ -ому положенні. Тому рівняння твірної  $g$  матиме вигляд

$$z = px + d, \quad y = y_i \quad (2.33)$$

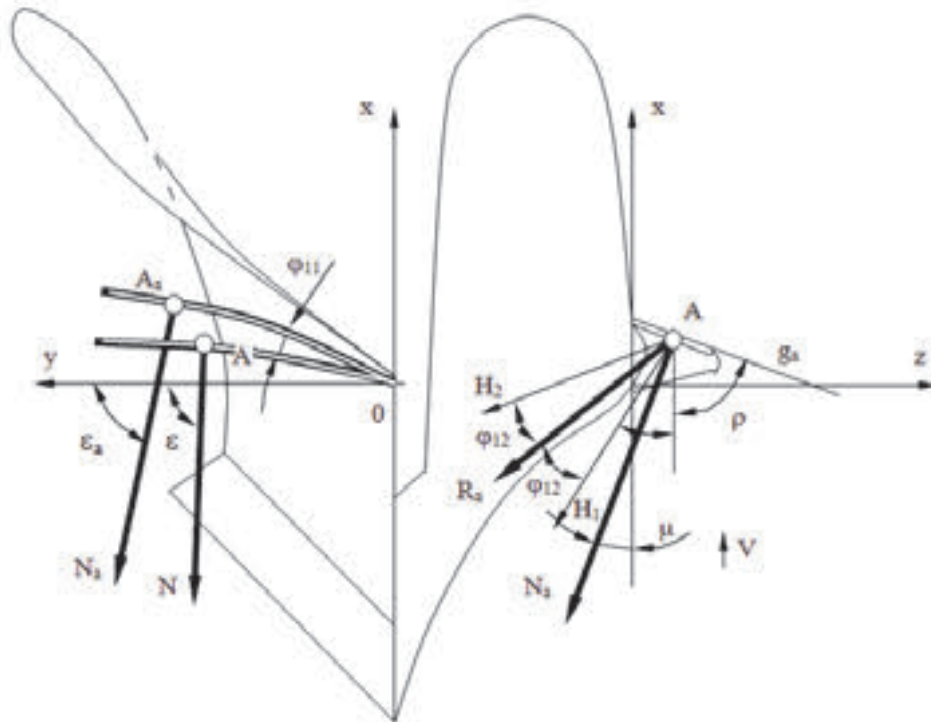
де  $y_i$  – деяке постійне число;

$p = \operatorname{tg} \rho$  – кутовий коефіцієнт нахилу твірної.

Вільний член  $d$  першого рівняння (2.33) визначимо через координати точки  $A$ , яка в кожному  $i$ -ому положенні визначається координатами направляючої кривої  $u(x_i, z_i)$  і значенням кута  $\varepsilon$ .



Із схеми на рисунку 2.9 видно, що величина  $e_i = d_i - z_i$ , звідки  $d_i = e_i + z_i$ . Але оскільки  $e_i = x_i \operatorname{tg} \rho$ , то  $d_i = x_i \operatorname{tg} \rho + z_i$ .



**Рис. 2.9. Схема для визначення розподілу нормалей до поверхні кутозніма**

Замінюючи  $i$ -ту точку функціями координати  $y$ , отримаємо рівняння поверхні

$$z = [x + x(y)] \operatorname{tg} \rho(y) + z(y). \quad (2.34)$$

Направляюча  $u$  може бути задана двома проєкціями: лобовою  $z(y)$  і горизонтальною  $x(y)$ .

Найбільш простий, з погляду побудови лобової проєкції направляючої  $u$  є дуга кола, рівняння якого в декартовій системі координат має вигляд

$$u : (y - l)^2 + (z - m)^2 = R_u^2 \quad (2.35)$$

у неявній формі або

$$u : y = R_u \cdot \cos \theta - l, \quad z = R_u \sin \theta - m \quad (2.36)$$

у параметричному вигляді, враховуючи зсув центру  $O_R$  в область від'ємних значень осей  $O_y$  і  $O_z$ .

Як видно кожне з цих рівнянь має три параметри, які визначають коло  $u$ :  $l$  і  $m$  – координати центру кола  $O_R$ ,  $R$  – його радіус. У параметричному вигляді до цих параметрів додається кут  $\theta$  нахилу радіусу  $R$  до осі  $O_y$ .

Виберемо початкову  $F$  і кінцеву  $D_K$  точки кривої  $D_K F$  з координатами  $F(o, z_F)$  і  $D_K(b, z_K)$ . Для того, щоб визначити параметри  $l$ ,  $m$  і  $R$  необхідно три рівняння, тому складемо два рівняння на підставі координат точок  $F$  і  $D_K$  і додамо до них рівняння дотичної в точці  $D_K$ . Для того, щоб позбавитися від рішення квадратних рівнянь, до яких приводить рівняння (2.35), приймемо параметричну форму запису (2.36).

Прийнявши значення похідної  $\frac{dz}{dy}$  в точці  $D_K$  рівної нулю  $\frac{dz}{dy}(D_K) = 0$ , добиваємося того, що центр кола  $O_R$  знаходитиметься на відстані ширини захвату корпусу плуга, що скорочує систему на одне рівняння, оскільки в цьому випадку  $l = b$ .

Тоді з урахуванням розташування центру кола  $O_R$ , так як показано на рис. 2.9, система рівнянь матиме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} y &= b - R_u \cos(\theta + \theta_0); \\ z &= R_u \sin(\theta + \theta_0) - m; \\ \frac{dz}{dy} &= \operatorname{tg}(\theta + \theta_0). \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

де  $\theta_o$  - початковий кут нахилу радіусу  $R$  в точці  $F$ .

Для кожної з точок  $F$  і  $D_K$  запишемо систему (2.37). Координати точки  $F$  мають наступні значення:

$$y_F = 0, \quad z_F = AC \cdot \sin \delta_o = \sqrt{b^2 + a^2} \cdot \sin \delta + \Delta,$$

де  $\Delta$  – деяка величина, на яку точка  $F$  піднята над поверхнею поля.

Координату  $z_F$  можна ще виразити через глибину оранки  $a$  і величину  $\Delta$ :

$$z_F = a + \Delta = a_1.$$

Враховуючи викладене, система (2.37) матиме вигляд для точки  $F$  при  $\theta = \theta_o$ :

$$\left. \begin{aligned} o &= b - R_u \cos \theta_o; \\ a_1 &= R_u \sin \theta_o - m; \\ \frac{dz}{dy}(F) &= tg \theta_o. \end{aligned} \right\} \quad (2.38)$$

Координати точки  $D_K$  мають наступні значення:

$$y_{DK} = b, \quad z_{DK} = AD_K = b, \quad \theta_K = 90^\circ.$$

Із урахуванням цих значень, система рівнянь для точки  $D_K$  (2.37) виглядатиме таким чином:

$$\left. \begin{aligned} b &= b; \\ b &= R_u - m; \\ \frac{dz}{dy}(D_K) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

Оскільки  $\cos \theta_K = \cos 90^\circ = 0$ , а  $\sin \theta_K = \sin 90^\circ = 1$ , перші два рівняння (2.38) зведемо в квадрат і складемо, отримуючи вираз для визначення радіусу кола  $R_u = \sqrt{b^2 + (a_1 + m)^2}$ . Підставивши значення  $R$  в друге рівняння системи (2.39) приходимо до виразу:

$$b = \sqrt{b^2 + (a_1 + m)^2} - m.$$

Провівши перетворення, отримаємо рівняння для визначення відстані центру кола  $O_R$  від осі  $O_y$ :

$$m = \frac{a_1^2}{2(b - a_1)} = \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}. \quad (2.40)$$

Отриману формулу (2.40) підставляємо у вираз для визначення радіусу кола  $R_u$ :

$$R_u = \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2}. \quad (2.41)$$

Слід також визначити кут  $\theta_o$  нахилу радіусу  $R_u$  в початковому положенні пласта, який рівний

$$\theta_o = \operatorname{arctg} \frac{a + \Delta + m}{b} = \operatorname{arctg} \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{(b - a + \Delta)} \right] b^{-1}. \quad (2.42)$$

Отже, рівняння нижнього обріза кутозніма в параметричному вигляді запишеться:

$$u: \left. \begin{aligned} y &= b - \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2} \cos(\theta + \theta_o); \\ z &= \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2} \sin(\theta + \theta_o) - \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}. \end{aligned} \right\} \quad (2.43)$$

В декартовій системі координат воно виглядатиме:

$$u: (y - b)^2 + \left[ z - \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2 = b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{(b - a + \Delta)} \right]^2. \quad (2.44)$$

$$\text{де } R_u = \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2} - m, \quad m = \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}.$$

Вирішивши рівняння (2.44) у вигляді  $z = z(y)$  отримаємо рівняння лобової проекції направляючої у вигляді:

$$z = \sqrt{R_u^2 - (y - b)^2} - m. \quad (2.45)$$

Горизонтальна проекція направляючої визначатиметься кутом нахилу нормалі до поверхні  $N$  в горизонтальній площині до осі  $O_y$ .

З диференціальної геометрії відомо [40, 153, 154, 155], що рівняння нормалі до кривої  $z(y)$  виглядає таким чином:

$$x - x_0 = -\frac{1}{\frac{dx}{dy}}(y - y_0),$$

а рівняння дотичної

$$x - x_0 = \frac{dx}{dy}(y - y_0),$$

де  $z_0, y_0$  – координати точки через яку проходить нормаль і дотична.

Як видно ці рівняння відрізняються тільки коефіцієнтом при  $(y - y_0)$ , тому диференціальне рівняння, що визначає поле напрямів нормалі має вигляд:

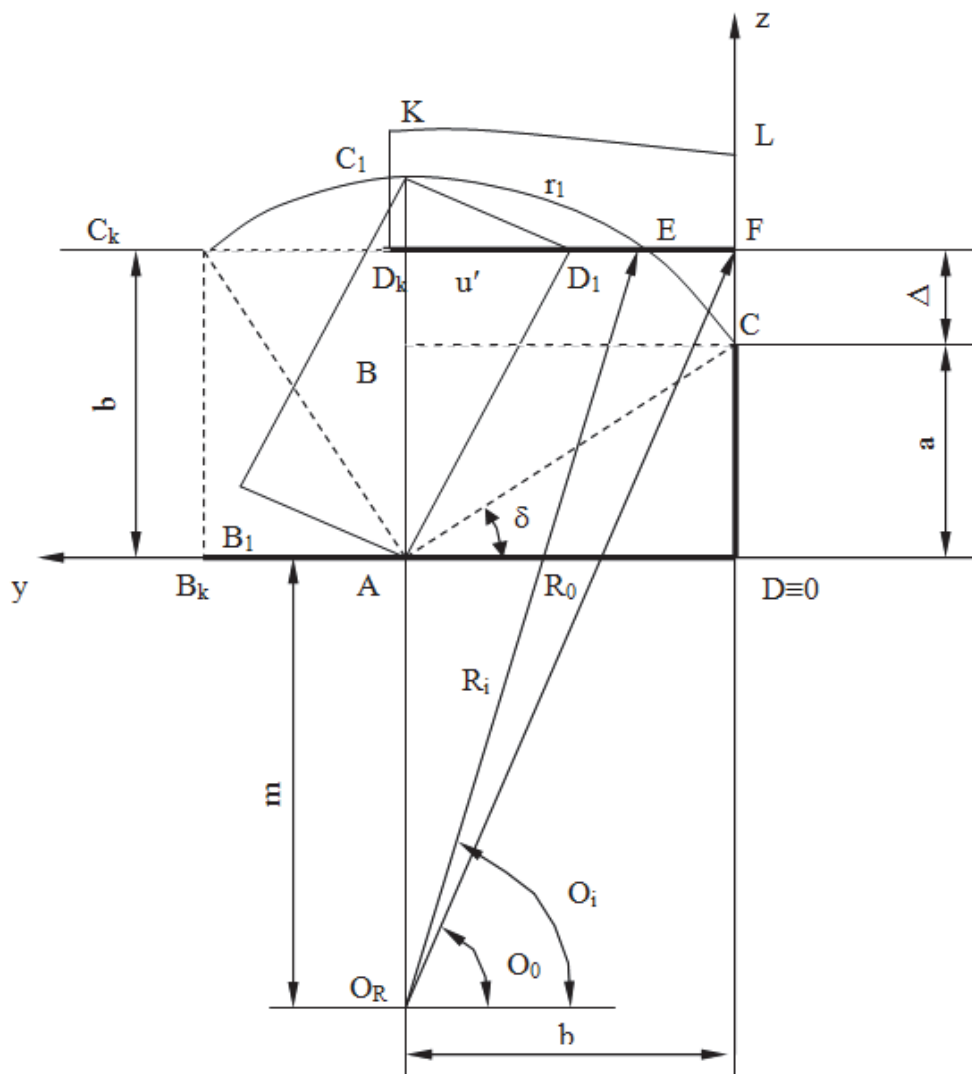
$$dx = \frac{dy}{f(y)} \quad (2.46)$$

де  $f(y)$  – задана функція розподілу нормалей по координаті  $y$ .

Проінтегрувавши рівняння (2.46) отримаємо горизонтальну проекцію направляючої  $x = x(y)$ .

Виходячи із схеми обороту пласта навколо точки  $A$  (рис. 2.10) можна встановити два варіанти розподілу нормалей в горизонтальній площині. Перший варіант – коли кут тертя ґрунту по металу  $\varphi_1$  не враховується. В цьому випадку в кожній точці  $A$  нахил нормалі поверхні  $N$  до осі  $O_y$  буде визначатись кутом  $\varepsilon$ . Другий варіант враховує тертя ґрунту по металу. У цьому випадку направляюча розташовується пологіше, а кут між нормаллю до

фрикційної поверхні  $N$  і антифрикційною  $N_a$  складає кут тертя ґрунту по сталі.

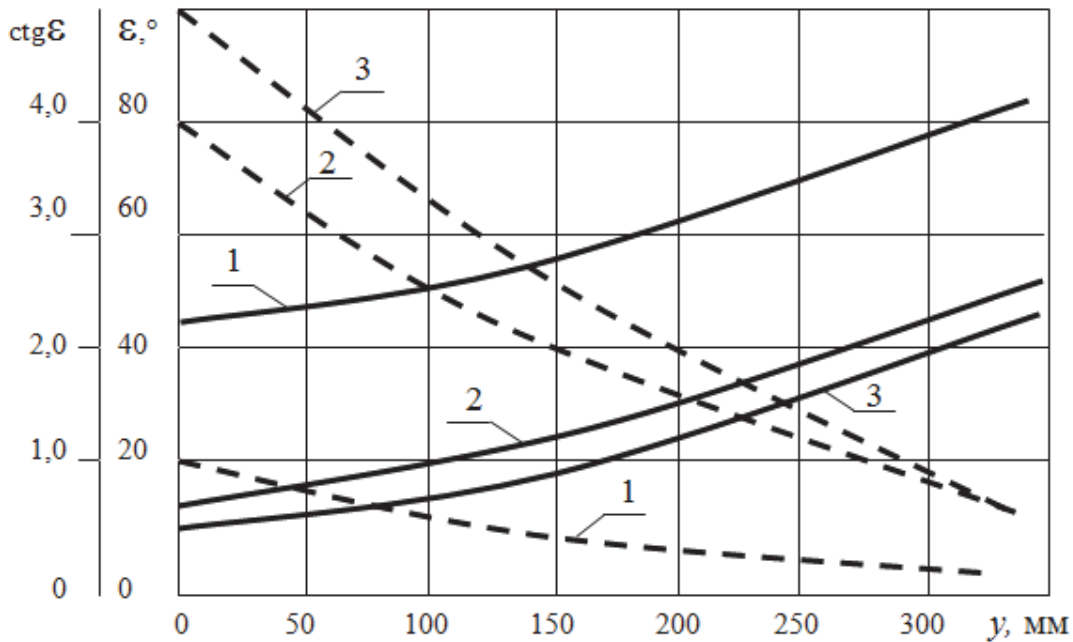


**Рис. 2.10. Схема до виведення лобової проекції направляючої кривої**

Розподіл нормалей представлений в таблиці 2.1, а графіки кутів нахилу нормалей  $\varepsilon = \varepsilon(y)$  і  $\varepsilon_a = \varepsilon_a(y)$  на рисунку 2.11.

Як видно з графіків залежності  $\varepsilon = \varepsilon(y)$  і  $\varepsilon_a = \varepsilon_a(y)$  мають яскраво виражену кривизну, тому є можливість апроксимувати їх квадратним тричленом:

$$\varepsilon(y) = a_0 + a_1y + a_2y^2. \quad (2.47)$$



**Рис. 2.11.** Графіки розподілу нормалей (-) для кута  $\varepsilon$  і (- -) для  $ctg\varepsilon$ :  
**1** – без урахування тертя; **2** – супіщаних ґрунтів; **3** – суглинних ґрунтів

Тут слід відмітити, що вираз  $\varepsilon(y)$  знаходиться в знаменнику диференціального рівняння (2.46), тобто  $f(y) = \varepsilon(y)$ . Це приводить до вельми складних виразів після інтеграції [152, 154], тому є доцільним перейти до котангенса кута  $\varepsilon$ , що дасть кут нахилу дотичною до осі  $O_y$  і значно спростить операцію інтеграції. Значення  $ctg\varepsilon$  приведені в таблиці 2.1. В цьому випадку рішення диференціального рівняння розподілу нормалей матиме вигляд:

$$\begin{aligned} x(y) &= \int ctg\varepsilon(y)dy = \int (b_1 + b_2y + b_3y^2)dy = \\ &= b_0 + b_1y + 0,5b_2y^2 + 0,333b_3y^3 \end{aligned} \quad (2.48)$$

де  $b_i (i = 0,1,2,3)$  – коефіцієнти полінома, що апроксимує функцію  $ctg\varepsilon(y)$ .



Таблиця 2.1

## Розподіл нормалей до направляючої кривої в горизонтальній площині

Координата $y$ , мм	Кут нахилу нормалей, град					
	без урахування тертя		супіщані ґрунти		суглинні ґрунти	
	$\varepsilon$	$ctg\varepsilon$	$\varepsilon_a$	$ctg\varepsilon_a$	$\varepsilon_a$	$ctg\varepsilon_a$
0	45	1,00	15	3,73	12	4,71
40	47	0,93	17	3,27	14	4,01
70	50	0,84	20	2,75	17	3,27
120	53	0,75	23	2,36	20	2,75
160	55	0,70	25	2,15	22	2,76
200	57	0,65	27	1,96	24	2,25
240	63	0,51	33	1,54	30	1,73
280	70	0,36	40	1,19	37	1,33
320	78	0,21	48	0,90	45	1,00
360	85	0,09	55	0,83	52	0,75

У вертикальній площині нормаль до поверхні розташовується під кутом  $\mu$  (рис. 2.9), який знаходиться з кутом нахилу твірної  $g$  в наступному співвідношенні  $\rho = 90^\circ - \mu$ .

Для з'ясування меж кута нахилу  $\rho$  твірної  $g$ , розглянемо схему взаємодії пласта ґрунту з кутознімом у вертикальній площині, зображену на рисунку 2.9. На схемі зображена схема відділення частини перерізу пласта кутознімом. Оскільки ґрунт, набігаючи на кутознім із швидкістю  $V$  рухається в напрямку осей  $O_y$  і  $O_z$ , то повна реакція  $R_A$  поверхні кутозніма відхилиться від нормалі  $N_A$  на кут тертя ґрунту по сталі  $\varphi_{11}$ . Лінії ковзання  $AN_1$  і  $AN_2$  з точки  $A$  розташовуватимуться під кутом  $\pm \varphi_{12} = \frac{\varphi_{22}}{2}$ , рівним половині кута внутрішнього тертя до повної реакції поверхні  $R_A$ .

При роботі кутозніма дуже важливо, щоб ґрунт не пересипався через верхній обріз поверхні. Цього можна досягти у тому випадку, коли лінія ковзання  $AN_1$  розташовуватиметься під віссю  $A_x$ , а твірна  $g$  матиме від'ємний кут нахилу  $\rho$ . Від'ємний кут  $\rho$  забезпечить нависання поверхні і попередить сгруження ґрунту і її подальше пересипання через верхній обріз.

Запишемо суму кутів щодо повної реакції  $R_A$ , нормалі  $N_A$  і лінії ковзання  $AN_1$  щодо осі  $A_x$ :

$$\mu + \varphi_{11} - \varphi_{12} - \mu_1 = 0. \quad (2.49)$$

Якщо прийняти, що лінія ковзання  $AN_1$  розташовується горизонтально, то кут  $\mu_1$ , нахилу лінії  $AN_1$ , рівний нулю  $\mu_1 = 0$ , то виходячи з (2.49)

$$\mu = \varphi_{12} - \varphi_{11},$$

тоді кут  $\rho$  нахилу твірної рівний

$$\rho = 90^\circ - \varphi_{12} + \varphi_{11}. \quad (2.50)$$

У таблиці 2.2 представлені кути зовнішнього  $\varphi_1$  і внутрішнього  $\varphi_2$  тертя для різних ґрунтів складену, за джерелами [9, 13, 125, 126, 128, 131, 132, 135, 136, 138, 140].

Якщо обчислити межі зміни кута  $\rho$  у відповідності з даними таблиці 2.2, то отримаємо наступне:

- супіщані ґрунти  $\rho = (16^\circ 30' - 25^\circ)$ ;
- легко і середнесуглинисті  $\rho = (11^\circ 30' - 18^\circ 30')$ ;
- важкі суглинки і глини  $\rho = (16^\circ - 23^\circ 30')$ .

## Межі зміни кутів зовнішнього і внутрішнього тертя

№ п/п	Тип ґрунту	Кут зовнішнього тертя $\varphi_{11}^o$	Кут внутрішнього тертя $\varphi_{22}^o$	Кут $\varphi_{12} = \frac{\varphi_{22}}{2}$
1	Супіщані	26°30′-35°	20-22°	10-11°
2	Легко і середньосуглинисті	19°30′-26°30′	22-30°	11-15°
3	Важкі суглинки і глини	31-42°	30-33°	15-16°30′

З приведених розрахунків видно, що незалежно від типу ґрунту кут нахилу твірних  $\rho$  має негативні значення, що забезпечує “нависання” поверхні кутозніма над пластом, що обертається. Обчислені значення  $\rho$  можна рекомендувати тільки на початку поверхні. У міру просування точки інцидентності  $A$  до борозенного обріза корпусу плуга кут нахилу твірної  $\rho$  повинен збільшуватися, щоб забезпечити випереджаюче скидання ґрунту з кутозніма.

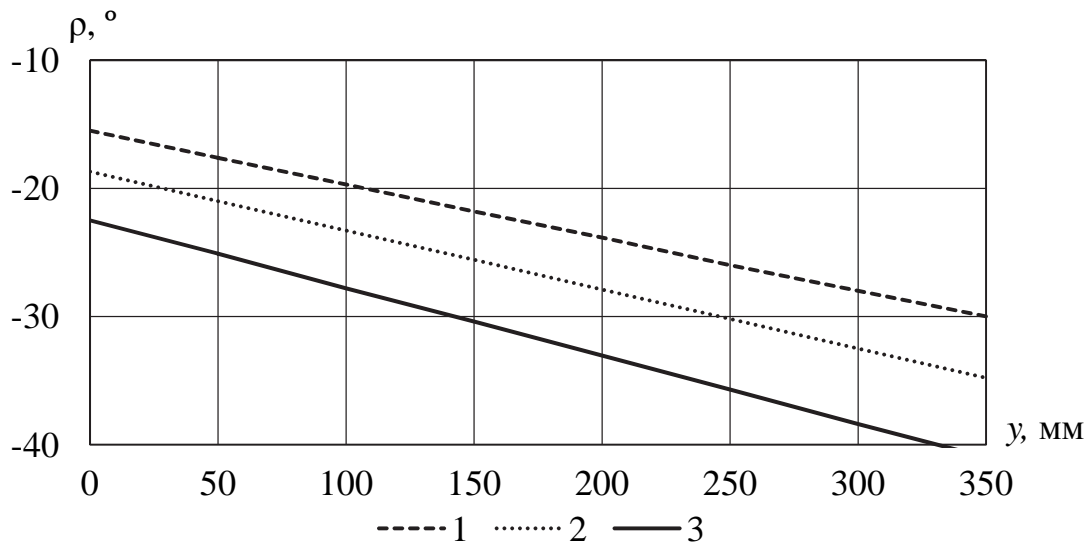
У загальному вигляді залежність нахилу твірної у функції  $y$  можна виразити через кут  $\rho$ :

$$\rho = K_1 y + p_1 \quad (2.51)$$

де  $K_1, p_1$  – величини, що визначаються типом ґрунту.

Значення параметрів залежності кута нахилу твірної представлені в таблиці 2.3.

На рисунку 2.12 представлені залежності кута нахилу твірної  $\rho(y)$  від координати  $y$  відповідно до таблиці 2.3.



**Рис. 2.12. Графіки кутів нахилу твірної у функції координати  $y$  :**  
**1 – супіщані ґрунти; 2 – легко і середньосуглинисті; 3 – важкосуглинисті і**  
**глинисті ґрунти**

*Таблиця 2.3*

**Параметри залежності кута нахилу твірної**

№ п/п	Тип ґрунту	Параметр	
		$K_1$	$P_1$
1	Супіщані	-0,051	-17,6
2	Легко і середньосуглинисті	-0,062	-18,05
3	Важкі суглинки і глини	-0,073	-23,1

Остаточно можна записати геометричну модель поверхні кутозніму:

$$z = \left[ x + x(b_0 + b_1 y + 0,5b_2 y^2 + 0,333b_3 y^3) \right] \operatorname{tg}(K_1 y + p_1) + \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b + a + \Delta)} \right]^2} - (y - b)^2 - \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}; \quad (2.52)$$

$$y = y_1.$$

При виконанні обчислень за визначенням координат поверхні зручно використовувати як незалежний параметр координату  $y$ .

### 2.3.5. Обґрунтування параметрів і методика проектування поверхні кутозніма

Початковими даними для проектування поверхні кутозніма є:

- глибина оранки  $a$ , мм;
- ширина захвату корпусу плуга  $b$ , мм;
- висота польового обріза корпусу плуга  $H_n$ , мм;
- ширина поверхні кутозніма по твірній  $h_y$ , мм;
- висота установки кутозніма від дна борозни  $h$ , мм;
- кути зовнішнього  $\varphi_{11}$  і внутрішнього  $\varphi_{22}$  тертя ґрунту.

Побудову поверхні кутозніма починають з визначення направляючої кривої  $u(x, y, z)$ .

Для побудови лобової проекції направляючої кривої (кола) визначається радіус кола

$$R_u = \frac{h^2}{2(b-h)} + h. \quad (2.53)$$

У таблиці 2.4 приведені можливі значення радіусу  $R_u$  для різних серійних корпусів плугів.

Як видно величина  $R_u$  багато в чому залежить від висоти польового обріза  $H_n$  і для корпусу ПТК-21 лобовою проекцією направляючої  $u(y, z)$  можна вважати пряму лінію. Горизонтальну проекцію направляючої  $u(x, y)$  можна побудувати трьома способами.

Перший спосіб полягає в тому, щоб задатися поліномом  $\varepsilon(y)$ , який визначає кути нахилу нормалей до поверхні кутозніма в горизонтальній площині. Значення коефіцієнтів цього полінома приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4

**Значення радіусу кривизни лобової проекції направляючої кривої**

№ п/п	Тип і марка корпусу плуга	Ширина захвату $b$ , мм	Глибина оранки $a$ , мм	Висота польового обріза $H_n$ , мм	Радіус кривизни $R_u$ , мм
1	Напівгвинтовий П-5-35	350	220	340	2005-1997
2	Культурний ПЛЖ-35	350	220	305	1383-1320
3	Універсальний ПТК-21	400	300	395	16000-15940

Таблиця 2.5

**Коефіцієнти полінома кута нахилу нормалей**

№ п/п	Умови проектування	Коефіцієнти		
		$a_0$	$a_1$	$a_2$
1	Без урахування кута тертя ґрунту по сталі	45	0,64	$-1,08 \cdot 10^{-5}$
2	Супіщані ґрунти	25	0,178	$-8,225 \cdot 10^{-4}$
3	Суглинні ґрунти	12	-0,5	$22,12 \cdot 10^{-4}$

Потім на підставі полінома  $\varepsilon(y)$  отримуємо поліном  $tg\varepsilon(y)$  і вирішуючи рівняння (2.47) будуємо проекцію направляючої  $x(y)$ .

Згідно другого способу розподіл нормалей до направляючої задається у вигляді коефіцієнтів полінома  $ctg\varepsilon(y) = b_1 + b_2y + b_3y^2$ , який підставляється в (2.48) і потім безпосередньо інтегрується. Коефіцієнти цього полінома представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

**Коефіцієнти полінома, який задає котангенс кута розподілу нормалей**

№ п/п	Умови проектування	Коефіцієнти		
		$b_1$	$b_2$	$b_3$
1	Без урахування кута тертя ґрунту по сталі	0,75	$2,15 \cdot 10^{-2}$	$-0,7 \cdot 10^{-4}$
2	Супіщані ґрунти	2,36	0,02	$-1,11 \cdot 10^{-4}$
3	Суглинні ґрунти	4,71	0,0245	$-1,309 \cdot 10^{-4}$

Третій спосіб дозволяє на базі першого і другого отримати поліном  $x(y)$ , що описує горизонтальну проекцію направляючої в координатній формі. Коефіцієнти цього полінома наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

**Коефіцієнти полінома, що апроксимує горизонтальну проекцію направляючої кривої**

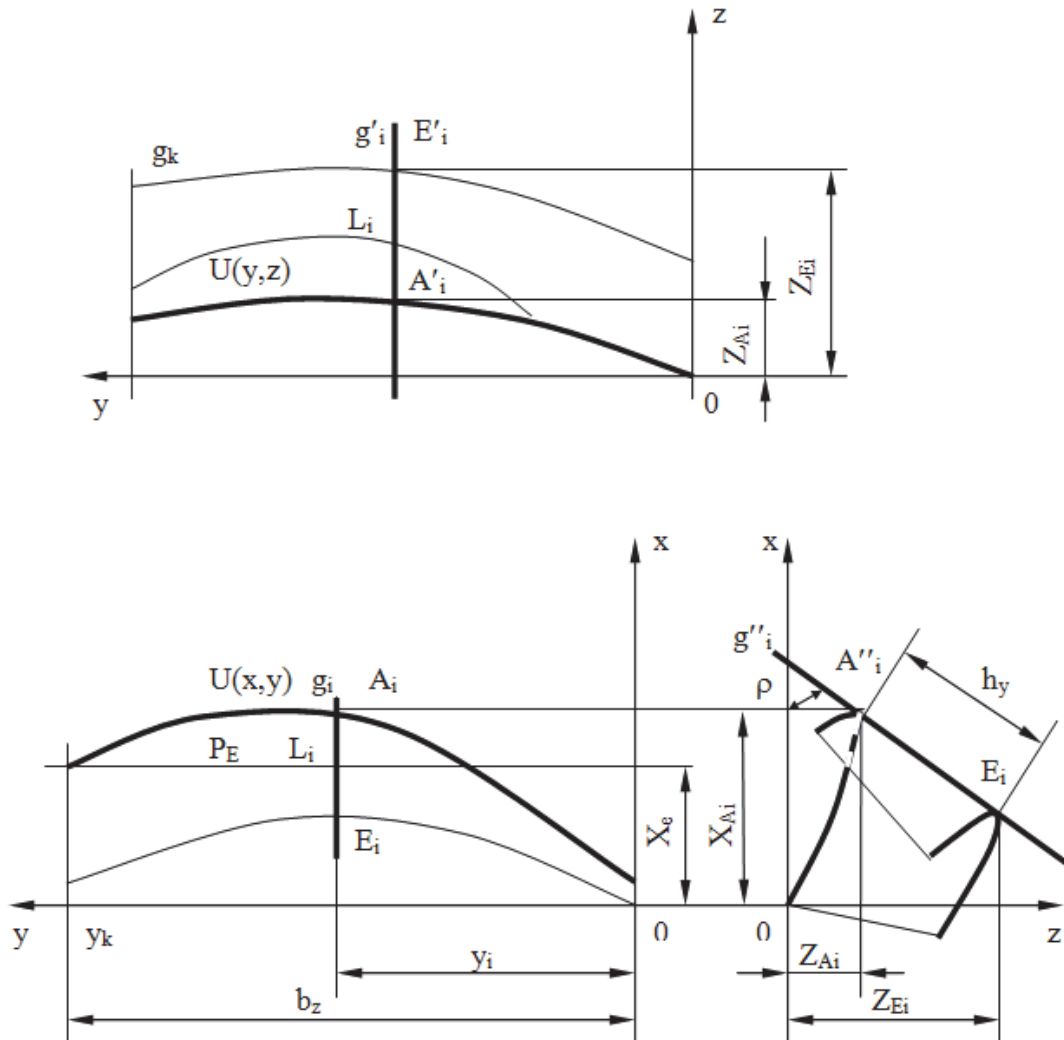
№ п/п	Умови проектування	Коефіцієнти			
		$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$
1	Без урахування кута тертя ґрунту по сталі	5,918	$6,96 \cdot 10^{-4}$	$-3,965 \cdot 10^{-4}$	$3,625 \cdot 10^{-10}$
2	Супіщані ґрунти	1,5	0,799	$-0,81 \cdot 10^{-5}$	$6,28 \cdot 10^{-7}$
3	Суглинні ґрунти	1,888	$3,78 \cdot 10^{-4}$	$1,52 \cdot 10^{-8}$	$-3,74 \cdot 10^{-7}$

Для побудови каркаса поверхні прямолінійними твірними приймаємо систему координат  $O_{xy}$  так, щоб її початок  $O$  розташовувався у верхній точці польового обріза корпусу плуга, вісь  $O_y$  була направлена перпендикулярно, а вісь  $O_x$  – протилежно руху, тоді вісь  $O_z$  розташується вертикально (рис. 2.13).

Як параметр поверхні приймаємо координату  $y$ . Ширину захвату кутозніма визначаємо на підставі співвідношення

$$b_2 = (1,05 - 1,2)b,$$

де  $b$  – ширина захвату корпусу плуга.



**Рис. 2.13. Схема побудови поверхні кутозніма**

Крок каркаса поверхні, відстань між сусідніми твірними  $g_{i-1}$  і  $g_i$ , визначають задавшись загальною кількістю твірних  $n$ :

$$\Delta y = y_i - y_{i-1} = \frac{y_k}{n} = \frac{b_2}{n}.$$

Початок твірної  $u(x, y, z)$  розташовуємо на початку координат.



Таким чином, поверхня буде обмежена верхнім і нижнім обрізом, початковою  $g_0$  і кінцевою твірною  $g_k$ , положення яких визначається координатами  $y_0=0$  і  $y_k=b_2$ . Побудову каркаса поверхні починають із задання координати  $y$ , як параметра поверхні.

Координати точки інцидентності  $A_i = (z_i, x_i)$  обчислюють за допомогою лобової і горизонтальної проекції твірної  $u$ :

$$z_{Ai} = \sqrt{R_u^2 - (y_i - b)^2} - \frac{h^2}{2(b - h)},$$

$$x_{Ai} = d_{1j}y_1 + d_{2j}y_i^2 + d_{3j}y_i^3 + d_{4j}y_i^4,$$

де  $y_i = y_{i-1} + \Delta y$  ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ) – поточна координата  $y$ ;

$j$  – вибрані коефіцієнти з таблиці (2.6) ( $j = 1, 2, 3$ ).

Побудову верхнього обріза поверхні проводять обчислюючи координати точок  $E_i$ :

$$x_{Ei} = x_{Ai} - \cos \rho(y_i) h_y = x_{Ai} - \cos(k_1 y_i + \rho_1) h_y;$$

$$z_{Ei} = z_{Ai} + \sin \rho(y_i) h_y = z_{Ai} + \sin(k_1 y_i + \rho_1) h_y.$$

Обчислення проводяться до тих пір, поки не будуть вичерпані значення координати  $y$ :  $y = y_k$ . По набутих значеннях формуються масиви, що містять координати точок інцидентності  $A$ , який описує направляючу криву і, отже, нижній обріз поверхні кутозніма:

$$A = \begin{vmatrix} y_1 y_2 y_3 \dots y_i \dots y_k \\ x_{A1} x_{A2} x_{A3} \dots x_{Ai} \dots x_{Ak} \\ z_{A1} z_{A2} z_{A3} \dots z_{Ai} \dots z_{Ak} \end{vmatrix},$$

і масив точок, що визначають верхній обріз поверхні:

$$E = \begin{vmatrix} y_1 y_2 y_3 \dots y_i \dots y_k \\ x_{E1} x_{E2} x_{E3} \dots x_{Ei} \dots x_{Ek} \\ z_{E1} z_{E2} z_{E3} \dots z_{Ei} \dots z_{Ek} \end{vmatrix}.$$

З'єднавши точки  $A_{i-1}$  і  $A_i$  отримуємо нижній, а точки  $E_{i-1}$  і  $E_i$  – верхній обріз поверхні кутозніма.

При графічних побудовах спочатку креслять лобову і горизонтальні проєкції направляючої кривої  $u$ .

Задавшись горизонтальною проєкцією точки  $A_i$  будуюмо її бічну  $A_i''$  проєкції. Із проєкції  $A_i''$  під кутом  $\rho_i$ , який відповідає координаті  $y_i$ , відкладаємо відрізок  $h_y$ , отримуючи точки  $E_i$  верхнього обріза поверхні. Замірявши координату  $z_{Ei}$  на бічній проєкції направляючої  $g''$  відкладаємо її на лобовій проєкції твірної  $g_i'$ , отримуючи точку  $E_i'$ . Відповідно замірявши координату  $x_{Ei}$  точки  $E''i$  відкладаємо цю координату на горизонтальній проєкції твірної  $g_i$ , отримуючи горизонтальну проєкцію крапки  $E_i$ .

Вичерпавши всі значення  $n$ , тобто побудувавши всі твірні  $g$ , сполучаємо плавною кривою проєкції точок  $E_i$  отримуючи проєкції верхнього обріза поверхні кутозніма.

Для виявлення характеру поверхні будуюмо перетин вертикально-поперечними площинами  $P_e$  розташованими під прямим кутом до осі  $O_x$ . З'єднавши точки  $L_i$ , отримані при перетині твірних  $g_i$  з площиною  $P_e$ , отримаємо переріз поверхні.

При аналітичному рішенні, в рівняння твірної  $g$ :  $y = (x - x_{Ai}) \operatorname{tg}(k_i y_{Ai} + \rho_1) - y_{Ai}$ , підставляємо фіксовану координату  $x_p$  і

змінюючи значення координати  $y$  від  $y_0$  до  $y_k = b_2$  з визначеним раніше кроком  $\Delta y$ , по виразу  $y_l = (x_p - x_{Ai}) \operatorname{tg}(k_i y_{Ai} + \rho_1) - y_{Ai}$ , обчислюємо координату  $y_l$  вертикально-поперечного перерізу.

Бічним перерізом поверхні на площині  $O_{xz}$  буде проекція твірної.

### 2.3.6. Розрахунок сил, що діють на кутознім

Під час роботи на поверхню кутозніма набігає значна маса ґрунту. Оскільки поверхня кутозніма “нависає” над пластом, тобто має від’ємний кут нахилу по відношенню до руху, за рахунок кінетичної енергії рухомого ґрунту виникає виглубляюча сила. Виглубляюча сила сприяє порушенню ходу корпусу плуга по вертикалі, тому її розрахунок є важливим завданням.

Відповідно до схеми обороту пласта позначимо через  $x_1$  відстань, яку пройде повністю відокремлений лемешем пласт ґрунту, доти, коли його діагональ займе вертикальне положення. В цьому положенні площа ґрунту, яка визначається кутознімом максимальна.

При відомій швидкості руху плуга  $V$  час обороту перерізу пласта від відділення лемешем до вертикального положення діагоналі  $AC_1$  (рис. 2.7) визначитися таким чином

$$t = \frac{x_1}{V}.$$

Відповідно кутова швидкість обертання перерізу буде рівна

$$\omega = \frac{\Delta\delta}{t},$$

де  $\Delta\delta$  – кут повороту перерізу пласта в радіанах.

При відомих розмірах перетину пласта, фронтальна проекція лінійної швидкості руху кінця  $C$  діагоналі  $AC$  буде рівна

$$V_{C_1} = \omega \cdot AC .$$

Кут нахилу горизонтальної проекції лінійної швидкості визначимо таким чином:

$$\lambda_1 = \arctg \frac{x_1}{b} ,$$

тоді модуль вектора горизонтальної швидкості кінця діагоналі буде рівний:

$$V_C = \frac{V_{C_1}}{\cos \lambda_1} = \frac{\omega \cdot AC}{\cos(\arctg \frac{x_1}{b})} .$$

У таблиці 2.8 представлені значення кінематичних характеристик  $\omega$ ,  $V_C$ , обчислені за приведеними формулами для плугових корпусів різних типів. При розрахунках швидкість руху плуга була прийнята  $V = 1,8$  м/с.

Таблиця 2.8

**Кінематичні характеристики руху пласта ґрунту при зустрічі з кутознімом**

Тип корпусу (розміри пласта, мм)	Відстань $x_1$ , м	Кут повороту перетину пласта $\Delta\delta$		Кутова швидкість обертання пласта $\omega$ , 1/с	Кут нахилу лінійної швидкості $\lambda_1$ , град	Модуль лінійної швидкості $V_C$ , м/с
		град.	радий.			
П-5-35 (350x220)	0,255	45°	0,79	5,64	36,1	2,88
ПЛЖ-35 (350x220)	0,3	51 °	0,88	5,18	40,6	2,82
ПТК-21 (400x300)	0,31	50 °	0,87	5,12	41,7	3,41

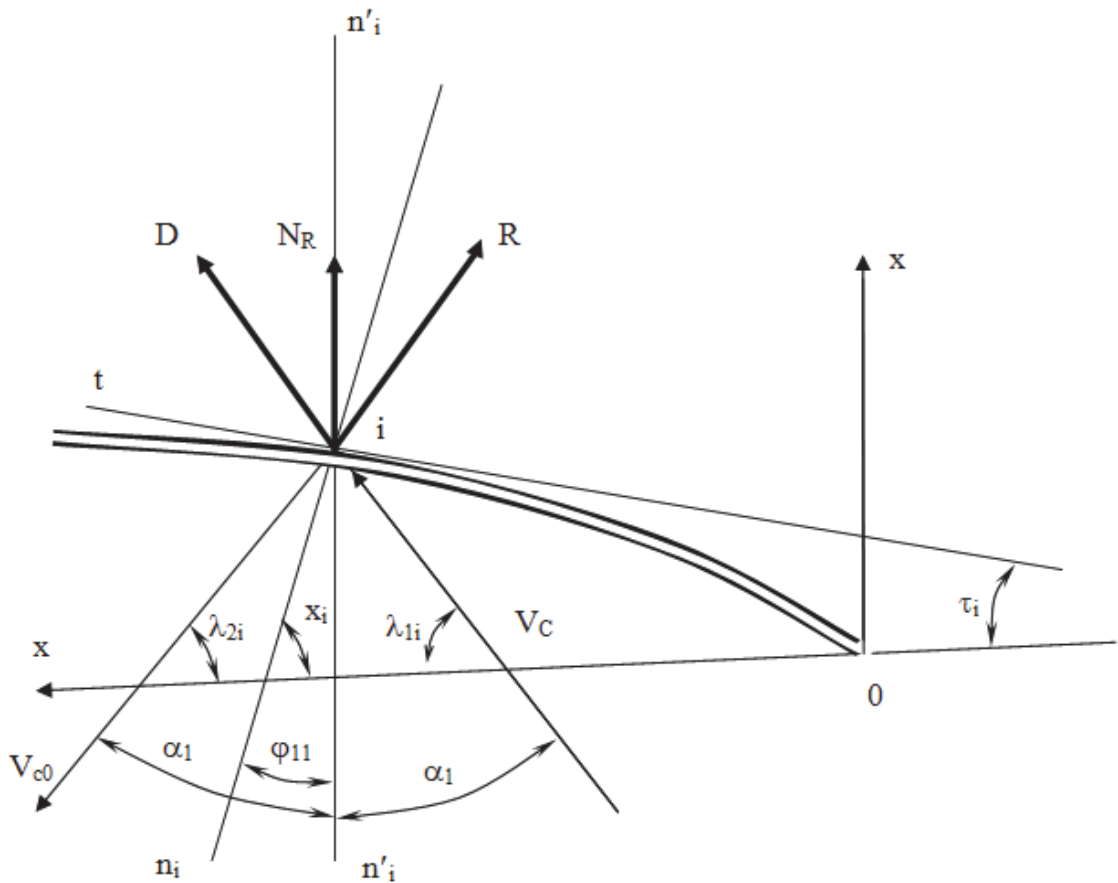
Як видно з таблиці, незалежно від типу корпусу лінійна швидкість руху кінця діагоналі змінюється в незначних межах: від 2,14 м/с до 2,56 м/с. Таким чином можна прийняти швидкість, рівну  $V_C = 2,34$  м/с.

Для подальших міркувань прийемо наступні допущення:

- грунт є суцільним середовищем, що рухається безперервним потоком;
- напрям і величина швидкості  $V_C$  при вступі на поверхню кутозніма не змінюються;

- кут віддзеркалення ґрунту від поверхні кутозніма рівний куту вступу.

Розглянемо схему вступу ґрунту на поверхню кутозніма, зображену на рисунку 2.14.



**Рис. 2.14. Схема до визначення сил, що діють на кутознім**

Ґрунт із швидкістю  $V_C$  вступає на поверхню кутозніма в  $i$ -й точці під кутом  $\lambda_{1i}$  до осі  $Oy$ . Дотична  $t$  до поверхні кутозніма в точці  $i$  складає з віссю  $Oy$  кут  $\tau_i$ , тоді кут нахилу нормалі  $n_i - n_i$  до осі  $Oy$  складе:

$$\chi_i = 90^\circ - \tau_i = 90^\circ - \operatorname{arctg}\left(\frac{dx}{dy}\right).$$

Зважаючи на наявність тертя між ґрунтом і поверхнею кутозніма, нормаль  $n_i - n_i$  відхилятиметься на кут тертя ґрунту по металу  $\varphi_{11}$  і займе положення  $n'_i - n'_i$ . Нахил нормалі  $n'_i - n'_i$  до осі  $Oy$  складе

$$\chi_{1i} = \chi_i + \varphi_{11} = 90^\circ - \tau_i + \varphi_{11}.$$

Із трикутників, утворених векторами  $V_C$ ,  $n_i - n_i$ ,  $n'_i - n'_i$  визначимо кут  $\alpha_1$  вступу потоку ґрунту на поверхню кутозніма:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \chi_i - \varphi_{11} - \lambda_i.$$

Кут нахилу відображеного від поверхні кутозніма потоку ґрунту  $V_{CO}$  до осі  $Oy$  рівний

$$\lambda_{2i} = 180^\circ - \alpha_1 - \nu_i.$$

Сила динамічного натиску ґрунту рівна

$$D = \rho S(y) V_C^2,$$

де  $\rho$  – щільність ґрунту,  $\text{кг/м}^3$ ;

$S(y)$  – функція зміни площі поперечного перетину стружки відокремлюваною кутознімом,  $\text{м}^2$ .

Оскільки реакція  $R$  відображеного потоку ґрунту  $V_{CO}$  рівна по модулю набігаючому потоку  $V_C$ , то нормальна реакція поверхні кутозніма рівна

$$N_R = D \cdot \cos \alpha = \rho S(y) V_C^2 \cos \alpha. \quad (2.54)$$

Розглянемо детально обчислення функції площі  $S(y)$ . Для цього звернемося до схеми на рисунку 2.10.

Пласт ґрунту, перетин якого позначений  $ABCD$  обертається навколо ребра  $A$  займаючи спочатку проміжне положення  $AB_1C_1D_1$ , а потім кінцеве  $AB_KC_KD_K$ . При цьому його точка  $C$  опише дугу кола, яке позначимо  $r$ , описувану в декартових координатах  $Oyz$  (рис. 2.7), при  $O \equiv D$ , рівнянням

$$r : (y - b)^2 + z^2 = AC^2 \quad (2.55)$$

або в параметричному вигляді наступними рівняннями

$$r : \left. \begin{array}{l} y = b - AC \cos(\delta + \delta_o), \\ z = AC \sin(\delta + \delta_o) \end{array} \right\} \quad (2.56)$$

де  $AC$  – діагональ перетину пласта  $AC = \sqrt{b^2 + a^2}$ ;

$\delta_o$  – кут нахилу діагоналі  $AC$  до осі  $Oy$  в початковому положенні пласта, визначуваний по формулі

$$\delta_o = \arctg \frac{a}{b},$$

де  $a$  – глибина оранки;

$b$  – ширина захвату корпусу плуга.

Кутознім своєю нижньою частиною знімає кут з вершиною  $C$  і скидає його на дно борозни, випереджаючи пласт, що обертається  $ABCD$ , тим самим покращуючи загортання рослинних залишків. Тому площа пласта, яка знімається кутознімом, і що примикає до кута, повинна обмежуватися відрізком

кривої  $D_K F$ , одна точка якого співпадає з точкою  $D_K$ , кінцевого положення пласта, а інша –  $F$  розташована в площині стінки борозни  $CD$  над денною поверхнею поля. Координату  $z$  точки  $D_K$  доцільно прийняти рівній ширині захвату корпусу.

Такий вибір координат точки нижнього обріза кутозніма дозволить пласту ґрунту плавно увійти до контакту з його поверхнею і забезпечить поступове збільшення площі, що знімається, яка обмежуватиметься криволінійним трикутником  $D_K C_1 E_1$ .

У свою чергу рівняння дуги кола  $r$ , яке описує точка  $c$  перетину пласта  $ABCD$  матиме наступний вигляд в декартовій системі координат

$$r : \begin{cases} y_r = b - \sqrt{a^2 + b^2} \cos(\delta + \delta_o), \\ z_r = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\delta + \delta_o), \end{cases}$$

де  $\delta$  – поточний кут повороту перетину пласта  $ABCD$ ;

$\delta_o$  – початковий кут повороту перетину пласта  $ABCD$ .

Таким чином, площа, що відділяється кутознімом від пласта  $ABCD$  визначається різницею площ, обмежених дугами кіл  $CC_1 \equiv r$  і  $FD_K \equiv u$ :

$$r : \left. \begin{cases} y_r = b - \sqrt{b^2 + a^2} \cos \left[ \delta + \arctg \frac{a}{b} \right]; \\ z_r = \sqrt{b^2 + a^2} \sin \left[ \delta + \arctg \frac{a}{b} \right], \end{cases} \right\}$$

$$u : \left. \begin{cases} y_u = b - \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b + a + \Delta)} \right]^2} \cos(\theta + \theta_o); \\ z_u = \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2} \sin(\theta + \theta_o) - \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}. \end{cases} \right\}$$



Відомо, що для кривих заданих параметрично [12]  $y = \psi(t)$ ,  $x = \varphi(t)$  площа визначається таким чином:

$$S = \frac{1}{2} \int_{t_1}^{t_2} \{\varphi(t)\psi'(t) - \psi(t)\varphi'(t)\} dt. \quad (2.57)$$

Для простоти вважатимемо, що кут  $\delta$  утворюється нижньою гранню пласта  $AD$  від осі  $O_y$ . Це допущення не впливає на попередні, оскільки перетин пласта  $ABCD$  повертається на  $90^\circ$ .

Тому можна записати для дуги кола  $r$ :

$$S_r = \frac{1}{2} \int_{\delta_o}^{\delta_k} \{Ab \cos \delta - A^2 \cos^2 \delta - A^2 \sin^2 \delta\} d\delta =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ Ab \sin \delta - A^2 \left( \frac{\delta}{2} + \frac{\sin \delta \cos \delta}{2} \right) - A^2 \left( \frac{\cos^2 \delta}{3} - \cos \delta \right) \right]_{\delta_o=0^\circ}^{\delta_k=90^\circ}.$$

Оскільки  $\delta_K = 90^\circ = 1,571$  рад, то вираз для обчислення  $S_r$  виглядатиме таким чином

$$S_r = A(0,5b - 0,728A), \quad (2.58)$$

$$\text{де } A = \sqrt{b^2 + a^2}.$$

Отриманий вираз може дати від'ємну площу, оскільки  $b < A$ . Це пов'язано з вибором системи координат і напрямом відліку кута  $\delta$  і на чисельне значення площі не впливає.

Відповідно для дуги  $u$  вираз для площі виглядатиме таким чином:

$$S_u = \frac{1}{2} \int_{\theta_o}^{\theta_K} \left\{ bB \cos \theta - B^2 \cos^2 \theta - B^2 \sin^2 \theta + D \cdot B \sin \theta \right\} d\theta =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ bB \sin \theta - B^2 \left( \frac{\theta}{2} + \frac{\sin \theta \cos \theta}{2} \right) - B^2 \left( \frac{\cos^2 \theta}{3} - \cos \theta \right) - D \cdot B \cos \theta \right]_{\theta_o}^{\theta_K = 90^\circ}.$$

Оскільки  $\theta_K = 90^\circ = 1,571$  рад, то вираз для обчислення площі  $S_u$  виглядатиме таким чином:

$$S_u = 0,5bB(1 + \sin \theta_o) - B^2 [0,393 - 0,25(\theta_o + \sin \theta_o \cos \theta_o) - 0,5(0,333 \cos^2 \theta_o - \cos \theta_o)] - 0,5DB \cos \theta_o, \quad (2.59)$$

де

$$B = \sqrt{b^2 + \left[ a + \Delta + \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)} \right]^2}; \quad D = \frac{(a + \Delta)^2}{2(b - a + \Delta)}.$$

Таким чином площа, відокремлювана кутознімом визначиться як різниця площ  $S = S_r - S_u$ , або в розгорненому вигляді:

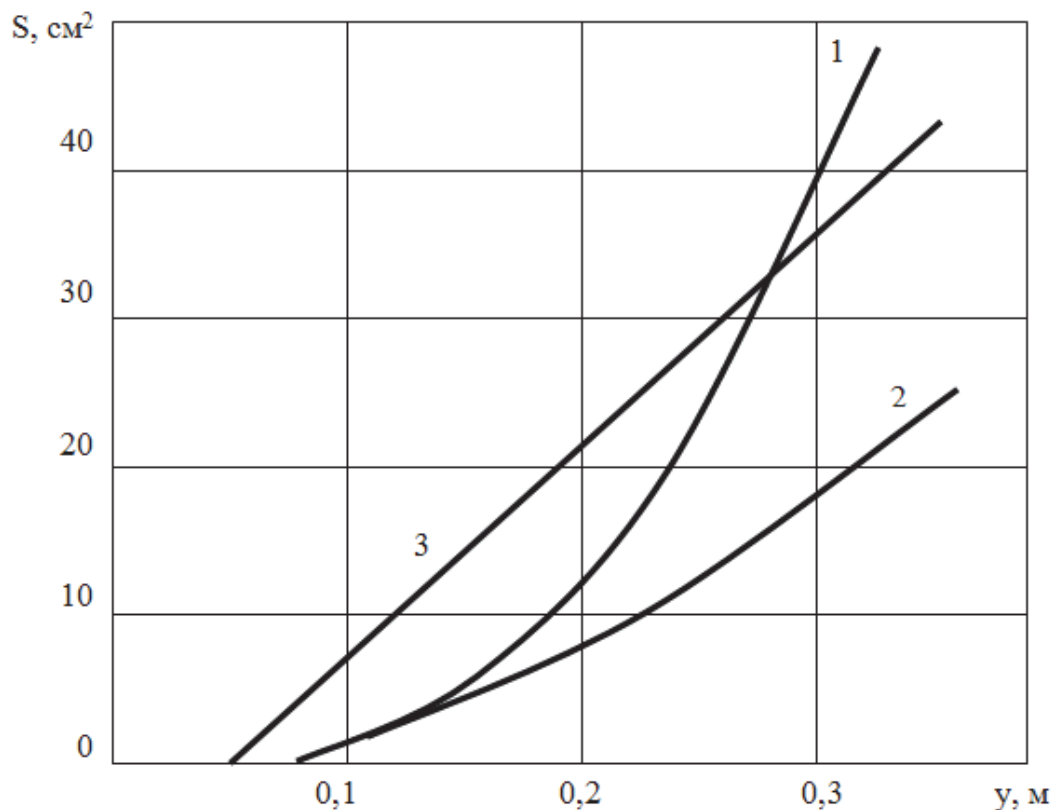
$$\Delta S = A(0,5b - 0,728A) - 0,5bB(1 + \sin \theta_o) + B^2 [0,393 - 0,25(\theta_o + \sin \theta_o \cos \theta_o) - 0,5(0,333 \cos^2 \theta_o - \cos \theta_o)] + 0,5DB \cos \theta_o. \quad (2.60)$$

Отриманий вираз дозволяє обчислити площу, що відділяється кутознімом і значення сили, що діють на нього.

До недоліків отриманого виразу слід віднести його громіздкість, тому для розрахунку площ функція (2.60) була апроксимована поліномом другого ступеня

$$S(y) = a_o + a_1 y + a_2 y^2. \quad (2.61)$$

Графіки залежностей  $S(y)$  представлені на рисунку 2.15, а коефіцієнти поліномів (2.61) в таблиці 2.9.



**Рис. 2.15.** Графіки залежності площі відокремлюваної кутознімом у функції координати  $y$  для різних корпусів: 1 – П-5-35; 2 – ПЛЖ-35; 3 – ПТК-21

У таблиці 2.10 представлено розрахунок реакції  $N_R$  при щільності ґрунту  $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$  та швидкості  $V_C = 2,9 \text{ м/с}$  для різних корпусів плугів.

Обчислення проводилися при вертикальному положенні діагоналі пласта, тоді, коли площа, що відділяється кутознімом максимальна.

Як видно з таблиці значення реакції  $N_R$  знаходяться в межах 20,62-45,45 Н, що значно менше вертикальної  $R_2$  і горизонтальної складової, приведеної в [9].

Таким чином, наявність кутозніма не повинна робити істотного впливу на стійкість руху корпусу плуга і, отже, на якість загортання рослинних решток.

Таблиця 2.9

## Значення коефіцієнтів апроксимуючих поліномів

Корпус плуга	Коефіцієнти		
	$a_0$	$a_1$	$a_2$
П-5-35	32,2	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
ПЛЖ-35	$-5,21 \cdot 10^{-4}$	$7,64 \cdot 10^{-3}$	$3,85 \cdot 10^{-4}$
ПТК-21	$-5,51 \cdot 10^{-4}$	$8,47 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$

Таблиця 2.10

Значення реакції  $N_R$  для різних корпусів плуга

Корпус плуга	Кут вступу $\alpha$ , град	Нормальна реакція $N_R$ , Н
П-5-35	31,0	45,45
ПЛЖ-35	29,0	20,62
ПТК-21	32,0	42,21

## 2.4. Висновки по другому розділу

1. Мінімальний діаметр диска подрібнювача визначається коефіцієнтами тертя рослинних решток по ґрунту й по сталі, кутом установки дисків та глибиною обробітку ґрунту. Встановлено, що при обробітку ґрунту на глибину 5 см мінімальний діаметр диска подрібнювача має становити 120-140 мм, на 10 см – 300-420 мм, на 15 см – 480-640 мм.

2. Мінімальна відстань між дисками батареї дисків подрібнювача рослинних решток визначається коефіцієнтом тертя рослинних решток по сталі, діаметром дисків та глибиною обробітку ґрунту. Так, при обробітку ґрунту дисками діаметром 400 мм на глибину 5 см, мінімальна відстань між дисками батареї дисків подрібнювача має бути 170-180 мм, на 10 см – 230-240 мм, а на 15 см – 255-265 мм.

3. Розроблена загальна компоновка та обґрунтовано параметри лемішно-відвальної поверхні корпусу плуга, технологічна модель роботи кутозніма та геометрична модель його поверхні, обґрунтовано параметри і методику проектування поверхні кутозніма.

**РОЗДІЛ 3**  
**ПРОГРАМА І МЕТОДИКА**  
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**3.1. Програма лабораторно-польових досліджень**

На основі завдань досліджень та розроблених механіко-технологічних передумов створення комбінованого плуга для подрібнення та загортання сидеральних культур сформована наступна програма експериментальних досліджень:

1. Визначити залежності показників якості обробітку ґрунту (глибина загортання рослинних решток, кришення ґрунту, глибина обробітку, ширина захвату) від конструктивно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем.

2. Дослідити вплив параметрів взаємного розміщення дискового робочого органу до корпусів плуга та режимів роботи комбінованого плуга на якість і енергомісткість обробітку ґрунту, зокрема, кута атаки дисків, висоти установки дискового подрібнювача ( $h_d$ ), корпусів, та робочої швидкості агрегату ( $v$ ).

3. Визначити вплив кута атаки дискового подрібнювача на глибину обробітку ґрунту.

4. Оцінити енергетичні показники роботи комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем при загортанні сидератів, зокрема питому витрату палива в залежності від параметрів взаємного розміщення робочих органів і режимів роботи. Оцінити показники роботи комбінованого плуга у порівнянні з серійним аналогом при виконанні основного обробітку ґрунту.

5. Провести порівняльну оцінку техніко-економічних показників роботи плуга з дисковим подрібнювачем та комбінації одноопераційних машин (базовий варіант).

6. Визначити техніко-експлуатаційні показники роботи плуга з дисковим подрібнювачем при агрегуванні з трактором класу 1,4.

Попередні дослідження показали, що параметри комбінованого плуга впливають на агротехнічну якість і енергомісткість неоднозначно, тому для більш повної оцінки ефективності роботи ґрунтообробного агрегату для загорання сидератів було розроблено компромісний показник.

Запропонований показник, з врахуванням вагомості, бере до уваги відносне відхилення значень окремих якісних показників обробітку ґрунту від технологічно заданих. Такий компромісний показник ефективності роботи плуга, що враховує питомі витрати палива та якісні показники обробітку ґрунту має наступний вигляд:

$$П = q \left( 1 + \gamma_B \frac{\sigma - \sigma_3}{\sigma_3} + \gamma_P \frac{h - h_{P3} - h_P}{h - h_{P3}} + \gamma_G \frac{h_3 - h}{h_3} \right). \quad (3.1)$$

де  $\gamma_B$  – вагомість показника вирівненості поверхні поля, відн. од;

$\gamma_P$  – вагомість показника глибини загорання рослинних решток, відн. од;

$\gamma_G$  – вагомість показника глибини обробітку ґрунту, відн. од;

$\sigma, \sigma_3$  – фактичне і задане значення вирівненості поверхні поля при роботі плуга з дисковим подрібнювачем, см;

$h_P, h_{P3}$  – фактичне і задане значення відхилення глибина загорання рослинних решток від глибини обробітку ґрунту, см;

$h, h_3$  – фактичне і задане значення глибини обробітку ґрунту, см.

Першим пунктом програми передбачалось дослідження впливу на агротехнічні й енергетичні показники загорання сидеральних культур наступних конструктивно-технологічних параметрів взаємного розміщення дискового подрібнювача та корпусів плуга і режимів його роботи:

- кута атаки ( $\alpha_a$ ) дискового подрібнювача,
- висоти ( $h_n$ ) установки дискового подрібнювача,

– робочої швидкості ( $v$ ) руху агрегату.

При цьому робоча глибина дискового подрібнювача ( $H$ ) встановлювалась на рівні 1-3 см, що забезпечувало подрібнення та часткове загортання зелених добрив у ґрунт. Таким чином, при варіюванні висоти ( $h_n$ ) установки дискового подрібнювача плуга з 20 по 80 мм, по суті змінювалось їх положення відносно дискової батареї комбінованого плуга. Кут атаки ( $\alpha_a$ ) дискового подрібнювача варіював в процесі експериментальних досліджень у межах  $5^\circ \dots 25^\circ$ .

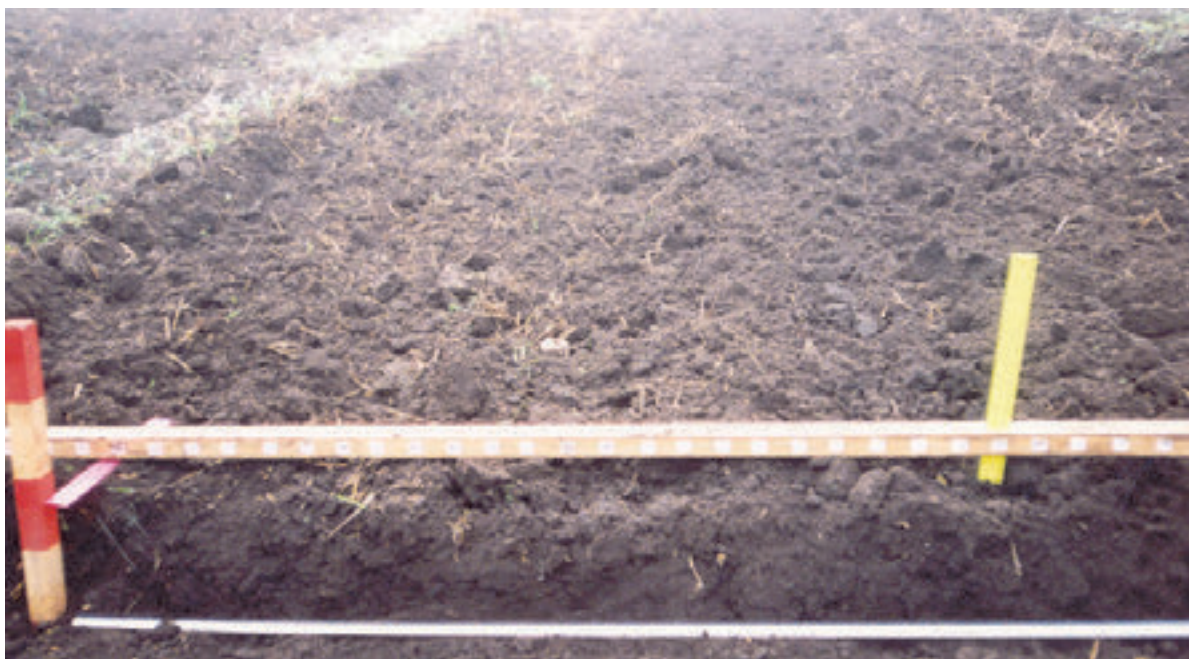
Якість виконання процесу загортання сидеральних культур (при кожному з варіантів взаємного розміщення робочих органів комбінованого плуга  $\alpha_a$  та  $h_n$ ) оцінювали наступними агротехнічними показниками: розпушенням ґрунту ( $K_p$ ), щільністю ґрунту ( $\rho_s$ ), ступенем підрізання рослин ( $P_p$ ), вирівняністю поверхні поля ( $\sigma_n$ ) та ступенем загортання рослинних решток ( $Z_p$ ). Оскільки, щільність ґрунту ( $\rho_s \approx 0,96 \text{ г/см}^3$ ) та ступінь підрізання рослин ( $P_p = 100\%$ ) в межах експерименту змінювались неістотно, а трудомісткість їх визначення досить висока, ці показники контролювались за варіантами вибірково, лише у разі потреби.

Вирівняність поверхні поля ( $\sigma_n$ ) визначалась за розробленою оригінальною методикою у поперечному напрямку до руху ґрунтообробного агрегату по кожному з варіантів досліджень. Основні результати дублювались відповідним чином проведеною фотозйомкою (рис. 3.1).

За другим пунктом програми передбачалось визначення впливу енергетичних показників роботи комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем, що являє собою оцінку витрат палива в залежності від параметрів і режиму роботи робочих органів.

Проведення тягово-енергетичної оцінки процесів мілкої обробки ґрунту на базі комбінованого плуга, з аналізом енергомісткості окремих варіантів та машини в цілому проведено у відповідності до методик, прийнятих в ННЦ „ІМЕСГ”. Тягово-енергетичні показники, які визначались, наступні: витрати палива ( $G_n$ ) та буксування коліс трактора ( $\delta_k$ ).





**Рис. 3.1. Вимірювання вирівняності поверхні поля на одному з варіантів дослідження якості роботи комбінованого плуга**

Крім того, для кожного з варіантів визначалися робочі швидкість ( $v$ ), ширина захвату агрегату ( $B_k$ ), глибина обробітку ґрунту ( $H$ ) та продуктивність ( $W_o$ ).

Передбачено агротехнічну, тягово-енергетичну та техніко-економічну оцінки базового та розробленого комбінованих агрегатів, зокрема, за розпушенням ґрунту ( $K_p$ ), ступенем підрізання рослин ( $I_p$ ), вирівняністю поверхні поля ( $\sigma_n$ ) та ступенем загортання рослинних решток ( $Z_p$ ); витратами палива ( $G_n$ ), а також за іншими техніко-економічними показниками. В процесі порівняльних досліджень визначено основні агротехнічні та тягово-енергетичні показники для серійного (МТЗ-82 + ПЛН-3-35) та розробленого (МТЗ-82 + комбінований плуг) ґрунтообробних комбінованих агрегатів при мілкому обробітку ґрунту на глибину 16 см.

Результати досліджень, отримані шляхом проведення лабораторно-польових експериментів оброблені із застосуванням прикладних програм для ПК.

## 3.2. Методика досліджень

### 3.2.1. Загальна методика експериментальних досліджень

Визначення агротехнічних показників якості мілкового (на 8...16 см) основного обробітку ґрунту при роботі комбінованих ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів, що передбачено програмою досліджень, виконано за методикою ОСТ 70.4.1-80. При необхідності детального вивчення впливу окремих конструктивно-технологічних параметрів комбінованих машин на якість обробітку ґрунту вносились певні уточнення, які обумовлені окремо.

Загальну робочу глибину ( $H$ ) при загортанні сидеральних культур комбінованим плугом важко визначити прямим вимірюванням. Це пояснюється тим, що при зміщенні ґрунту в процесі його обробітку в точці вимірювання щупом ми не знаємо вихідного рівня поверхні поля. Тому робочу глибину обробітку ( $H$ ) визначали не лише з допомогою щупа, але й, для контролю, методом профілювання поверхні. Таким чином, під робочою глибиною обробітку ( $H$ ) комбінованого плуга ми розуміємо глибину ходу корпусу плуга відносно поверхні поля.

Значення глибини ходу дискового робочого органу ( $h_{\delta}$ ) визначали непрямым способом – за допомогою перерахунку відносного положення дискових робочих органів від корпусів плуга. Для цього вимірювали відстань ( $y_{\delta}$ ) між нижніми точками носка корпусу і нижньою точкою робочих поверхонь сферичних дисків за вертикаллю. Тоді висоту сегменту оброблюваного дисками шару ґрунту ( $h_{\delta}$ ) визначали за формулою:

$$h_{\delta} = H - y_{\delta}, \quad (3.2)$$

де  $H$  – робоча глибина ходу корпусу плуга;

$y_{\delta}$  – відстань між опорною площиною носка корпусу і нижньою точкою робочих поверхонь сферичних дисків за вертикаллю.

Значення  $u_d$ , визначене за вказаним виразом, для даного конкретного варіанту розміщення робочих органів комбінованої ґрунтообробної машини з деяким допуском можна вважати постійним. Тоді, поточні значення глибини ходу дисків ( $h_d$ ) визначали відносно поточних реалізацій загальної робочої глибини обробітку ( $H$ ) за кожним із варіантів та знаходили відповідні їм статистичні характеристики.

Дана методика, що дозволяє визначати глибину обробітку дисками, базується на використанні нижньої площини рами ґрунтообробної комбінованої машини в якості площини відліку. У відомих методиках ОСТ 70.4.1-80 базування ведеться відносно нижньої опорної поверхні робочих органів, що значно ускладнює вимірювання і знижує точність результатів.

В залежності від завдань, що розв'язуються при виконанні пунктів програми досліджень, вибір технологічного режиму роботи ґрунтообробного агрегату за глибиною обробітку ( $H$ ) був диференційований. Так, дослідження з оптимізації конструктивно-технологічних параметрів ( $\alpha_l$  та  $h_d$ ) взаємного розміщення дискового подрібнювача та корпусів плуга проведені при загальній глибині ( $H$ ) мілкої обробітку ґрунту на рівні 16 см, яка є основною при мінімалізації обробітку ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву [41, 42]. При такій же установочній глибині  $H = 16$  см досліджували вплив окремих наборів робочих органів при агрегуванні комбінованого плуга з трактором МТЗ-82 на показники роботи комбінованого агрегату, враховуючи, що його розробка має конкретне цільове призначення – для мілкої обробітку ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву, на прикладі зони Полісся України.

Для визначення техніко-економічних показників порівняльну оцінку експериментального (МТЗ-82+ПЛН-3-35Д) та серійного (МТЗ-82+ПЛН-3-35) комбінованих агрегатів проводили на верхньому (16 см – по необробленому агрофону) рівні глибини мілкої обробітку ( $H$ ) ґрунту, який характеризує верхню критичну межу  $H$ , обумовлену агротехнічними вимогами. Вирівняність поверхні поля після проходу комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем

досліджували при виконанні мілкового обробітку ґрунту на глибину 16 см, тобто із врахуванням найбільш вірогідних та найважчих умов.

Обробку даних експерименту, отриманих щодо глибин обробітку вказаним способом, виконували лише після отримання кінцевих поточних значень показників  $H$ ,  $h_{\partial}$ ,  $h_k$ . Неприпустимо визначати статистичні характеристики для отриманої сукупності значень  $h_{ко}$ , а потім до отриманого математичного очікування додавати постійну для варіанту величину  $(0,5D_k + H - h_{л})$ . Такі показники, як коефіцієнт варіації та точність дослідження, для  $h_{ко}$  та  $h_k$  мають різні значення.

Ширина захвату комбінованого плуга при мілкому (на 8...16 см) обробітку ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву визначалась за стандартною методикою. Кілки виставлялись перед заліковим проходом агрегату відносно лінії руху крайнього корпусу плуга на відстані 5 м. Після проходу агрегату вимірювання проводились від виставлених кілків до сліду того ж корпусу. Ширина захвату ( $B_m$ ) розраховувалась як різниця двох вимірів – до й після проходу комбінованої машини.

Розпушення ґрунту ( $K_p$ ) визначалось за допомогою двох решіт – глухого та з діаметром отворів 50 мм. Більш крупні фракції (більше 100 мм) відбирали та вимірювали вручну, а потім окремо зважували. Зазначимо, що в процесі досліджень крупні фракції практично не зустрічались. Ймовірно, це пояснюється тим, що обробці піддавали ґрунт, який був добре структурованим й близьким до стану стиглості.

Щільність ґрунту ( $\rho_s$ ) у посівному шарі (2...8 см), у зв'язку з труднощістю визначення, контролювали у 6-ти кратній повторності лише на окремих варіантах за допомогою бюксів з подальшою обробкою ваговим методом. Оскільки щільність складала в середньому  $\rho_s \approx 0,96$  г/см<sup>3</sup>, цієї перевірки вистачило, щоб зробити висновок про відповідність розробленого комбінованого плуга вимогам до мілкового (на 8...16 см) обробітку ґрунту.

Ступінь підрізання бур'янів ( $П_{\partial}$ ) визначали вибірково на 10-ти метрових ділянках, шириною 50 см. Конструктивно-технологічні параметри комбінованої

машини передбачали повне (100%) однократне підрізання бур'янів. Це й підтверджено вже у першій серії досліджень, оскільки усі вибірки дали один і той же результат –  $P_6 = 100\%$ . У зв'язку із цим, у подальших дослідженнях цей показник контролювався вибірково, за потребою.

Вирівняність поверхні поля ( $\sigma_n$ ) визначали за удосконаленою нами методикою. Окремі реалізації ординат поверхні поля визначали відносно трьохметрової рейки, укладеної на поверхню поля (без анкерних кілочків та горизонтального її виставлення), через кожні 5 см впоперек напрямку руху комбінованої машини. Дана методика дозволяє, на відміну від ОСТ 70.4.2-80, уникнути спотворення значень вирівняності ( $\sigma_n$ ) поверхні поля та інших статистичних показників, бо рейка розміщується не горизонтально, а паралельно нахилу поверхні. При зміні режимів роботи ґрунтообробного комбінованого агрегату та сукупностей робочих органів методику визначення вирівняності поверхні поля ( $\sigma_n$ ) не змінювали. Контролювали основні варіанти визначення даного показника з допомогою фотографування, яке дозволяє комплексно представити загальну картину (зовнішній вигляд) поля після обробітку ґрунту за тим чи іншим варіантом, передбаченим програмою досліджень.

Ступінь загортання рослинних решток ( $Z_p$ ) визначали ваговим методом наступним чином. До проходу агрегату у 4-х кратній повторності в рамці розміром 50 x 50 см<sup>2</sup> вирізали усі рослинні рештки і зважували. Після проходу агрегату операцію повторювали аналогічним чином на обробленому агрофоні. Зауважимо, що на всіх варіантах, крім варіантів з серійним агрегатом МТЗ-82+ПЛН-3-35, показник  $Z_p > 50\%$ . Тому його визначали лише в окремих варіантах для контролю.

Об'єм вибірових сукупностей по кожному із показників визначений (та реалізований) у відповідності до відомих залежностей [43]. Попередньо визначали значення середньоквадратичних відхилень ( $\sigma$ ) означених агротехнічних показників та точність ( $\varepsilon$ ) оцінки вибірових характеристик. В результаті цього надійність результатів склала в основному не менше 95%.

Часткові методики визначення окремих агротехнічних та тягово-енергетичних показників наведені нижче.

### **3.2.2. Часткові методики досліджень**

Визначення агротехнічних та тягово-енергетичних показників якості роботи комбінованих ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів для мілкої обробки ґрунту проведено у відповідності до ОСТ 70.4.1-80, ОСТ 70.2.2-73, але деякі питання потребували розробки часткових методик досліджень.

### **3.2.3. Визначення агротехнічних показників роботи комбінованого плуга**

Дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем, а саме: кута різання ( $\alpha_n$ ) дискового подрібнювача та глибини ( $h_d$ ) установки дисків, на агротехнічні показники ( $K_p$ ,  $P_b$ ,  $\sigma_n$  та  $Z_p$ ) якості виконання мілкої обробки ґрунту передбачалось провести із застосуванням методики планування експерименту.

На базі рекомендацій [43] розроблено структурну схему (рис. 3.2) досліджуваного процесу взаємодії робочих органів комбінованого плуга з ґрунтом.

Із врахуванням механіко-технологічних передумов, вхідними величинами є конструктивно-технологічні параметри ( $\alpha_n$ ,  $h_d$  та  $v$ ) розміщення корпусів. Вихідними – агротехнічні ( $K_p$ ,  $P_b$ ,  $\sigma_n$  та  $Z_p$ ) показники якості мілкої обробки ґрунту. Вище прийняті обмеження дозволили прийняти до розгляду з вихідних агротехнічних величин лише  $K_p$  та  $\sigma_n$ . З метою оцінки процесу мілкої обробки ґрунту за тягово-енергетичними показниками ( $R_k$ ,  $G_n$  та  $\delta_k$ ) вони також розглядались як вихідні змінні. До керуючого впливу та зовнішніх перешкод віднесені показники режиму роботи комбінованої машини (за

глибиною обробітку  $H$  та швидкістю руху  $v$ ) та інші випадкові перешкоди ( $U_6$ ). Досліджуваний процес мілкої обробітку ґрунту протікає при певних, типових для нього, умовах навколишнього середовища. У зв'язку з тим, що вказана ідеалізація процесу виконана в основному на етапі теоретичних розробок, на етапі пошукових експериментальних досліджень проведено перевірку значущості незалежних змінних (факторів  $\alpha_l$  та  $h_d$ ). В результаті виконаного двохфакторного дисперсійного аналізу за описаною методикою, встановлено, що рівень впливу помилки ( $H$ ,  $v$  та  $U_6$ ) в залежності від функцій відгуку ( $K_p$  та  $\sigma_n$ ) склав величини до 5,0 %. Перевірка за критерієм Фішера при 0,05 рівні значущості підтвердила існування взаємозв'язків між конструктивно-технологічними параметрами ( $\alpha_l$  та  $h_d$ ) та результативними ознаками ( $K_p$  та  $\sigma_n$ ).



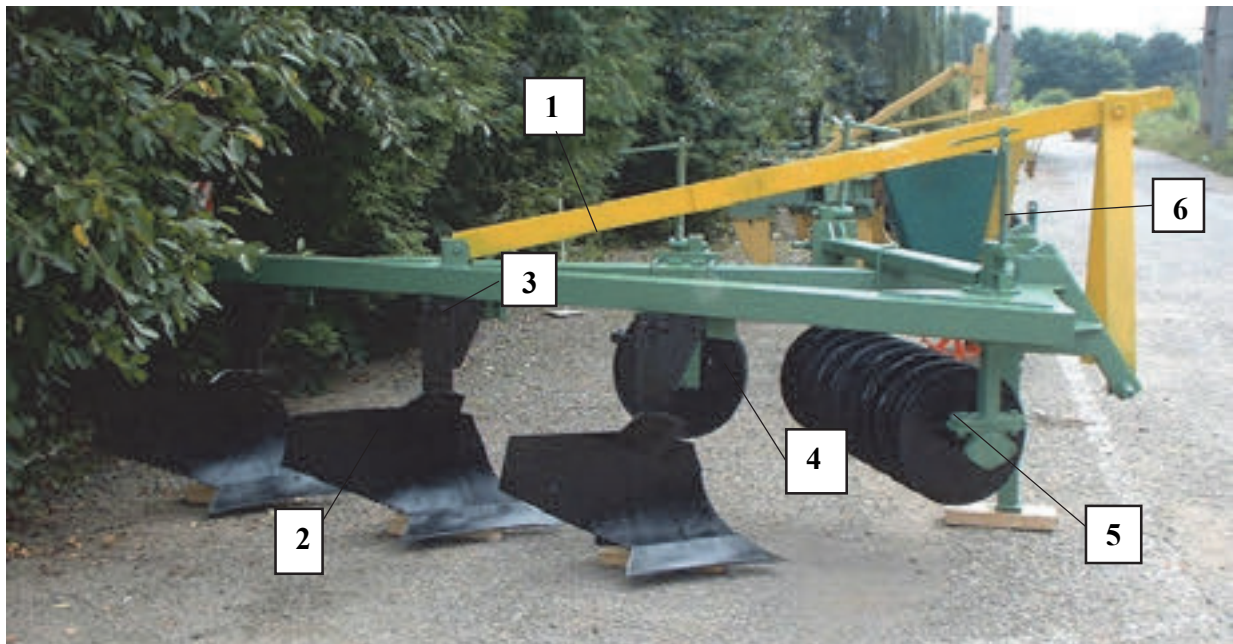
**Рис. 3.2. Структурна схема процесу взаємодії робочих органів комбінованого плуга з ґрунтом**

Для встановлення емпіричних залежностей між факторами та функціями відгуку, дослідження проведені шляхом реалізації повнофакторного експерименту (ПФЕ) за стандартним планом типу  $3^3$  із використанням загально відомої методики.

Аналіз отриманих математичних моделей, з метою оптимізації конструктивно-технологічних параметрів ( $K_p$  та  $\sigma_n$ ) взаємного розміщення робочих органів комбінованого плуга, проведений із використанням методу побудови поверхонь відгуку.

### 3.3. Лабораторно-польова установка, прилади і обладнання

З метою проведення лабораторно-польових експериментальних досліджень комбінованого плугу з дисковим подрібнювачем для загортання сидеральних культур, розроблено експериментальну установку (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Експериментальна установка комбінованого плугу з дисковим подрібнювачем для загортання сидеральних культур:**

**1 – рама плуга; 2 – корпус плуга; 3 – стійка корпусу; 4 – опорне колесо; 5 – дисковий подрібнювач; 6 – механізм регулювання висоти дискового подрібнювача та кута атаки**

Експериментальна установка для досліджень комбінованого плуга включає причіпний пристрій, спеціальну раму з корпусами плуга, перед якими встановлений дисковий подрібнювач. Секторний механізм дискового подрібнювача дозволяє змінювати кути атаки, від  $10^\circ$  до  $35^\circ$ . Зміна положення проводиться без знімання дискового подрібнювача з рами. За допомогою гвинтового механізму (рис. 3.4) можна змінювати висоту установки дискового подрібнювача по відношенню до носка лемеша від 20 до 80 мм.





**Рис. 3.4. Регулювання кута атаки ( $\alpha_d$ ) та висоти установки ( $h_d$ ) дискового подрібнювача**

За дисковим подрібнювачем встановлені 3 корпуси плуга. Для визначення агротехнічних показників якості мілкового обробітку ґрунту під зернові й олійні культури суцільного посіву за всіма пунктами програми досліджень використані прилади, інвентар та обладнання, передбачене ОСТ 70.4.1-80.

При загортанні сидеральних культур та рослинних решток енергетичних культур, дискові робочі органи подрібнюють стебла, розпушують ґрунт та змішують подрібнені рослинні рештки із ґрунтом. Плуг здійснює остаточне їх загортання в ґрунт.

Лабораторно-польові дослідження плуга з дисковим подрібнювачем (умовна марка ПЛН-3-35Д) в агрегаті з трактором МТЗ-82 (рис. 3.3) проводилися на чорноземному ґрунті з рівним рельєфом по стерні сої при кількості рослинних решток  $356 \text{ г/м}^2$  та вихідній гребнистості поверхні – 4,64 см на полях дослідного господарства Подільського аграрно-технічного університету Хмельницької області.

Компонувальні параметри плуга з дисковим подрібнювачем мали наступні значення: ширина захвату – 1050 мм; відстань між суміжними корпусами в поперечно-вертикальній площині – 350 мм; відстань між суміжними корпусами в поперечно-вертикальній площині 350 мм, відстань між

суміжними корпусами в продовжньо-вертикальній площині – 800 мм, відстань від дискового подрібнювача до носка заднього корпусу 1300 мм. Основні конструктивні параметри робочих органів дискового подрібнювача: ширина захвату 950 мм (при куті різання  $32^\circ$ ); кут різання –  $24-41^\circ$ , діаметр диска – 450 мм; крок між дисками – 140 мм; крок між планками гребінки – 140 мм. Обробка результатів вимірювань проводили методами математичної статистики (у тому числі дисперсійного та регресивного аналізу) із застосуванням ПЕОМ та відповідного програмного забезпечення.

## РОЗДІЛ 4

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

#### 4.1. Визначення параметрів робочих органів плуга з дисковим подрібнювачем

Лабораторно-польові дослідження плуга з дисковим подрібнювачем (умовна марка ПЛН-3-35Д) в агрегаті з трактором МТЗ-82 (рис. 4.1) проводилися в умовах, типових для оранки ґрунту, а саме: агрофон – стерня сої, кількість рослинних решток –  $356 \text{ г/м}^2$ , тип ґрунту – чорнозем, рельєф – рівний, вихідна гребнистість поверхні – 4,64 см.



**Рис. 4.1. Плуг з дисковим подрібнювачем в роботі**

Дані з вологості та твердості ґрунту наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Вологість та твердість ґрунту в шарах**

Шар ґрунту, см	Вологість, %	Твердість, кг/см <sup>3</sup>
0-10	16,7	1,68
10-20	18,3	2,47

У результаті реалізації багатофакторного експерименту за *D*-оптимальним планом другого порядку Бокса-Бенкена отримані дані, що характеризують залежності вирівняності поверхні ґрунту, ширини захвату, глибини загортання рослинних решток, глибини обробітку ґрунту та витрат палива від конструктивно-технологічних параметрів комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем, а саме: кута установки дисків, глибини установки дисків та швидкості руху ґрунтообробного агрегату при їх зміні в межах, обумовлених в розділі 3. Отримані в результаті реалізації плану експерименту середні значення досліджуваних величин, на основі трьох повторностей, приведені в таблиці 4.2.

Обробка експериментальних даних за допомогою стандартного програмного забезпечення дозволила отримати наступні математичні моделі другого порядку для кожної із функцій відгуку:

$$B = -84,2347 + 10,8208 \alpha + 0,0776 h_D + 19,8438 v - 0,1344 \alpha^2 + 0,0039 h_D^2 - 1,1688 v^2 - 0,0185 \alpha h_D - 0,2656 \alpha v - 0,04 h_D v; \quad (4.1)$$

$$h = -13,0108 + 3,0002 \alpha + 0,0723 h_D - 8,1454 v - 0,0605 \alpha^2 + 0,0007 h_D^2 + 0,2831 v^2 - 0,0027 \alpha h_D + 0,1869 \alpha v + 0,0048 h_D v; \quad (4.2)$$

$$\sigma = -29,4791 + 1,6788 \alpha + 0,0585 h_D + 4,9741 v - 0,02 \alpha^2 - 0,0005 h_D^2 - 0,1311 v^2 + 0,0001 \alpha h_D - 0,135 \alpha v - 0,0053 h_D v; \quad (4.3)$$

$$h_P = -23,7917 + 2,1042 \alpha - 0,1042 h_D + 6,3542 v - 0,0391 \alpha^2 - 0,0038 h_D^2 - 0,4688 v^2 + 0,0167 \alpha h_D - 0,125 \alpha v + 0,0042 h_D v; \quad (4.4)$$

$$q = 13,0999 + 2,016 \alpha + 0,0817 h_D - 14,8773 v - 0,0486 \alpha^2 + 0,0003 h_D^2 + 0,6156 v^2 - 0,0003 \alpha h_D + 0,3089 \alpha v + 0,0114 h_D v; \quad (4.5)$$

Таблиця 4.2

**Результати експериментальних досліджень агрегату**

№ п/п	Фактори			Середнє значення				
	X1	X2	X3	ширини захвату, см	глибини обробітку, см	вирівненості поверхні грунту, см	глибини загортання рослинних решток, см	витрати палива, кг/га
1	1	1	0	120,9	22,13	3,98	18	29,38
2	-1	-1	0	125,1	14,97	4,79	14	15,90
3	1	-1	0	136,9	18,35	5,17	12	22,05
4	-1	1	0	118,0	20,03	3,55	12	23,39
5	1	0	1	123,6	20,43	3,15	14	26,73
6	-1	0	-1	106,3	21,23	3,36	15	27,88
7	1	0	-1	124,1	19,15	5,47	19	25,09
8	-1	0	1	114,3	16,53	5,35	14	19,64
9	0	1	1	115,5	23,75	3,24	11	30,76
10	0	-1	-1	125,1	18,77	4,45	15	22,45
11	0	1	-1	115,6	24,71	4,68	13	31,98
12	0	-1	1	134,6	16,65	4,29	12	18,51
13	0	0	0	123,9	19,17	5,17	18	23,15
14	0	0	0	123,9	19,17	5,17	18	23,15
15	0	0	0	123,9	19,17	5,17	18	23,15

де  $B$  – ширина захвату плуга з дисковим подрібнювачем, м;

$h$  – глибина обробітку ґрунту, см;

$\sigma$  – вирівняність поверхні поля при роботі плуга з дисковим подрібнювачем, см;

$h_p$  – глибина загортання рослинних решток, см;

$q$  – витрати палива при роботі плуга з дисковим подрібнювачем, кг/га;

$\alpha$  – кут установки (атаки) дисків, град.;

$h_d$  – глибина установки дисків, мм;

$v$  – швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем, км/год.

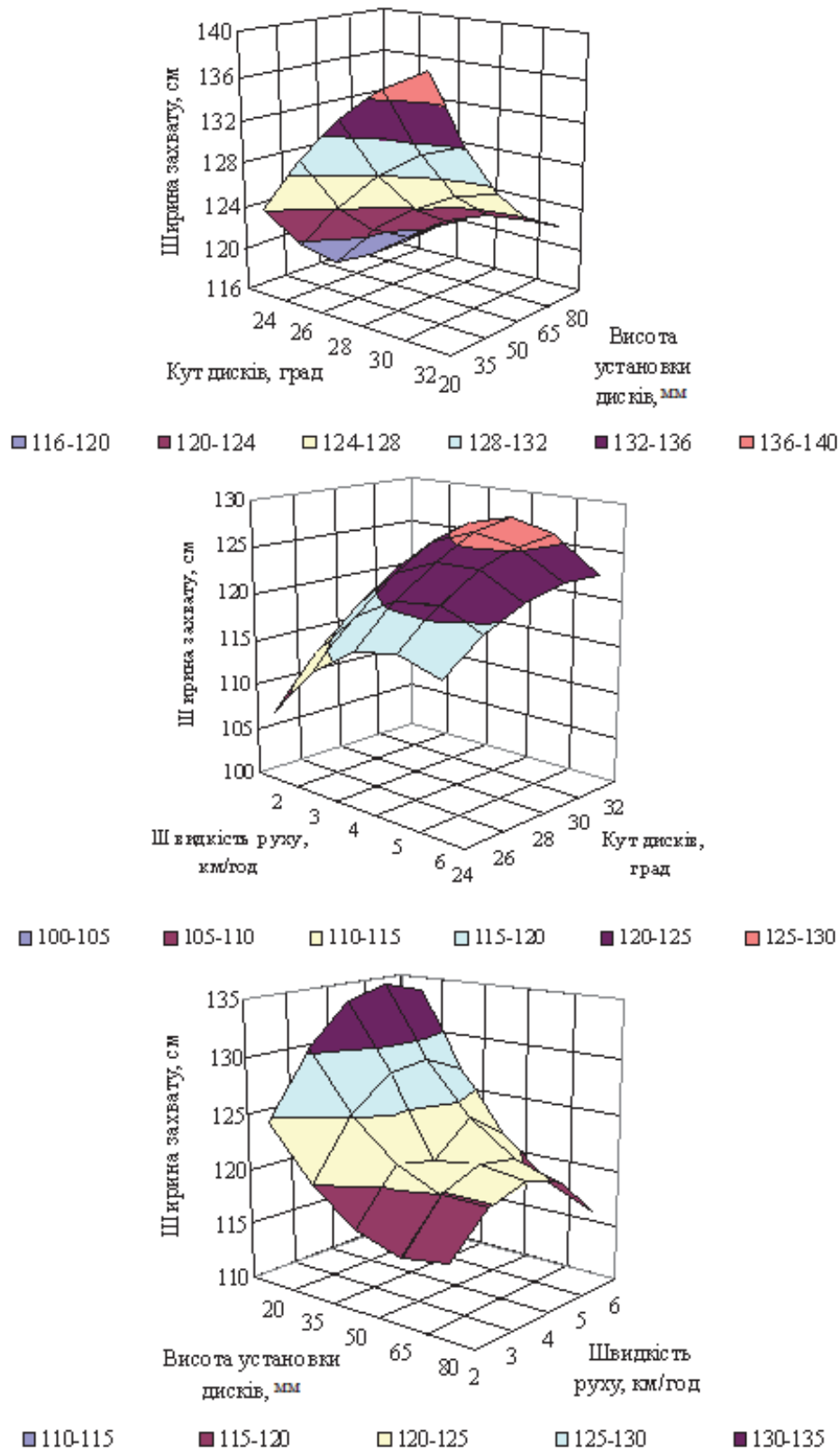
Статистична обробка результатів експериментів проводилася за загальновідомими методиками з оцінкою однорідності дисперсій по критерію Кохрена, визначенням довірчих інтервалів для оцінки значимості коефіцієнтів регресії з використанням критерію Стьюдента та оцінкою адекватності рівняння регресії з використанням критерію Фішера.

Дослідження впливу факторів на ширину захвату плуга з дисковим подрібнювачем показали (рис. 4.2), що із збільшенням кута атаки дискової батареї від 24 до 32°, ширина захвату збільшується від 115 до 140 см завдяки розвороту агрегату під дією сил реакції ґрунту на дискову батарею.

Чим вище встановлена дискова батарея по відношенню до носка лемеша, тим менша ширина захвату, адже при наближенні диска до носка лемеша розпушується частина стінки борозни і плуг розвертається, оскільки польова дошка тисне на розпушений ґрунт. При висоті установки дисків від 60 до 80 мм ширина захвату мінімальна і становить від 115 до 125 см.

Швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем неоднозначно впливає на ширину захвату, що пов'язано із наявністю ефекту виглиблення робочих органів із ґрунту, який в різній мірі проявляється для плуга та дисків. При зростанні швидкості тиск польової дошки в стінку борозни зростає, плуг повертається на більший кут і ширина захвату зростає. Подальше зростання швидкості призводить до зменшення заглиблення робочих органів плуга з дисковим подрібнювачем, глибина обробітку ґрунту зменшується до рівня, коли диски майже не впливають на поворот агрегату і ширина захвату починає частково зменшуватися. При швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем

від 4 до 5 км/год. ширина захвату набуває максимального значення і становить від 117 до 127 см.



**Рис. 4.2. Вплив на ширину захвату кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем**

Чим більший кут атаки дискової батареї, тим більша поперечна складова сили реакції ґрунту на дискову батарею. При цьому тиск на польову дошку збільшується і ширина захвату збільшується завдяки розвороту агрегату. Так при зміні кута атаки дискової батареї від 24 до 32°, ширина захвату зростає від 107 до 127 см.

Із зростанням величини заглиблення корпусів плуга при збільшенні величини встановлення дискової батареї по відношенню до носка лемеша плуга, ширина захвату зменшується, бо при цьому польова дошку тисне на більш щільні нижні шари ґрунту і це не дає можливості плугу розвертатися. При висоті установки дисків від 60 до 80 мм ширина захвату мінімальна і становить від 117 до 123 см.

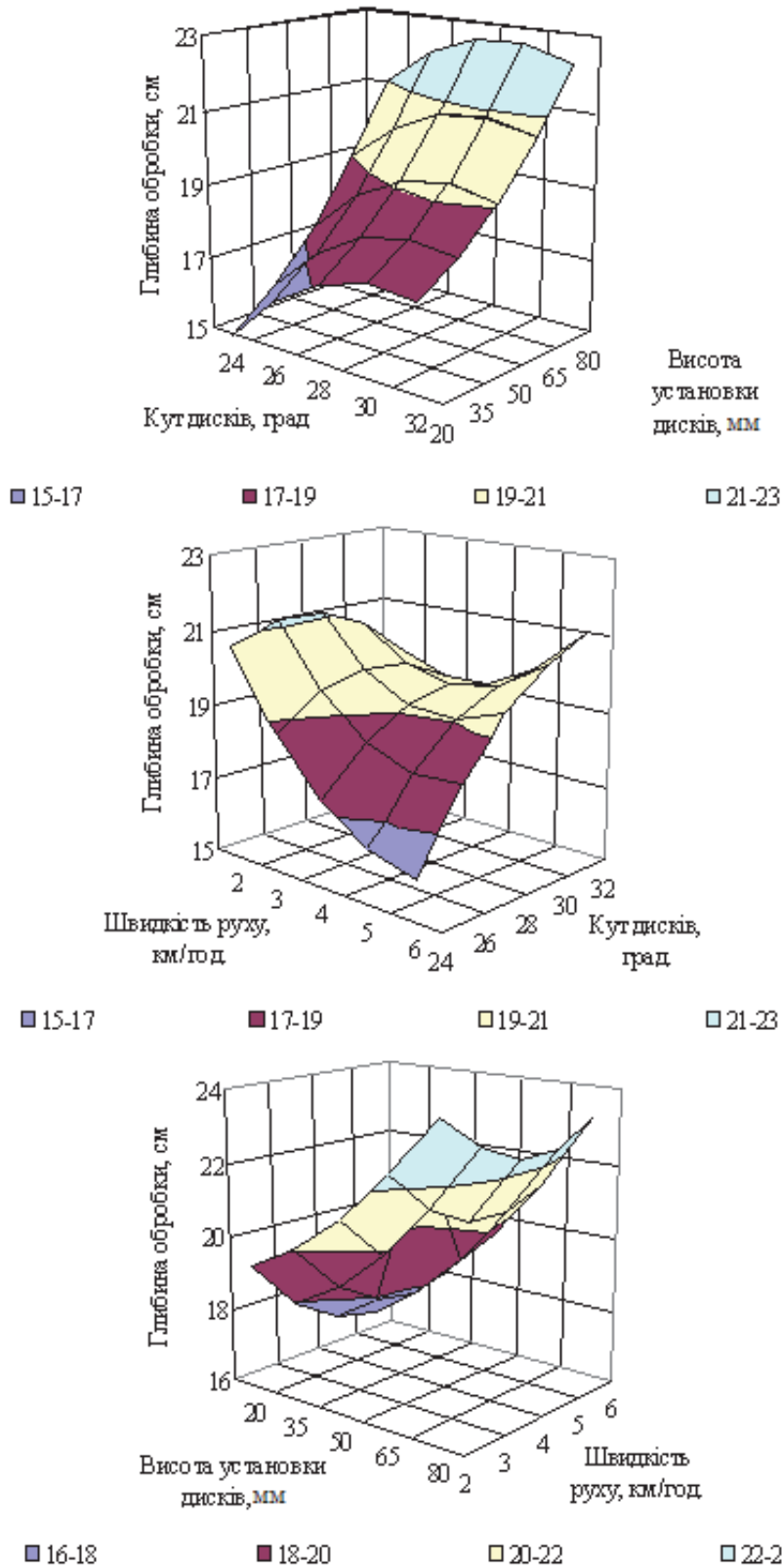
Дослідження впливу факторів на глибину обробітку ґрунту показали, що із збільшенням кута атаки дискової батареї глибина обробітку ґрунту збільшується завдяки тому, що при цьому диски набирають на себе більше ґрунту, який збільшує тиск на диски та сприяє заглибленню агрегату. Одночасно із заглибленням дисків починає збільшуватися сила, що виштовхує диск із ґрунту, діюча на кромку диска. Цим обумовлений неоднозначний вплив кута установки дисків на глибину обробітку ґрунту (рис. 4.3). Максимальна глибина обробітку ґрунту спостерігається при куті атаки дискової батареї від 29 до 31°.

Із збільшенням висоти установки дискової батареї по відношенню до носка лемеша від 20 до 80 мм, глибина збільшується від 15 до 23 см при зміні кута атаки дискової батареї від 24 до 32°. Це обумовлено тим, що корпус плуга заглиблюється доки виглибне зусилля дисків не урівноважиться із заглиблюючим зусиллям корпусів плуга.

Швидкість руху агрегату неоднозначно впливає на глибину обробітку ґрунту, що пов'язано із наявністю ефекту виглиблення робочих органів із ґрунту, який в різній мірі проявляється для плуга та дисків. При зростанні швидкості диски виглиблюються і глибина обробітку зменшується. Подальше



зростання швидкості призводить до збільшення заглиблення робочих органів плуга з дисковим подрібнювачем.



**Рис. 4.3. Вплив на глибину обробку ґрунту кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем**

Це обумовлено тим, що при цьому диски виглиблюються настільки, що їх вплив на виглиблення агрегату зменшується і глибина обробітку частково зростає. При швидкості руху агрегату від 4 до 6 км/год. ширина захвату набуває мінімального значення від 16 до 19 см.

Дослідження впливу факторів на вирівняність поверхні поля при роботі плуга з дисковим подрібнювачем показали (рис. 4.4), що кут атаки дискової батареї істотно не впливає на вирівняність поверхні поля. Вона змінюється від 4 до 5 см при зміні кута атаки дискової батареї від 24 до 32°.

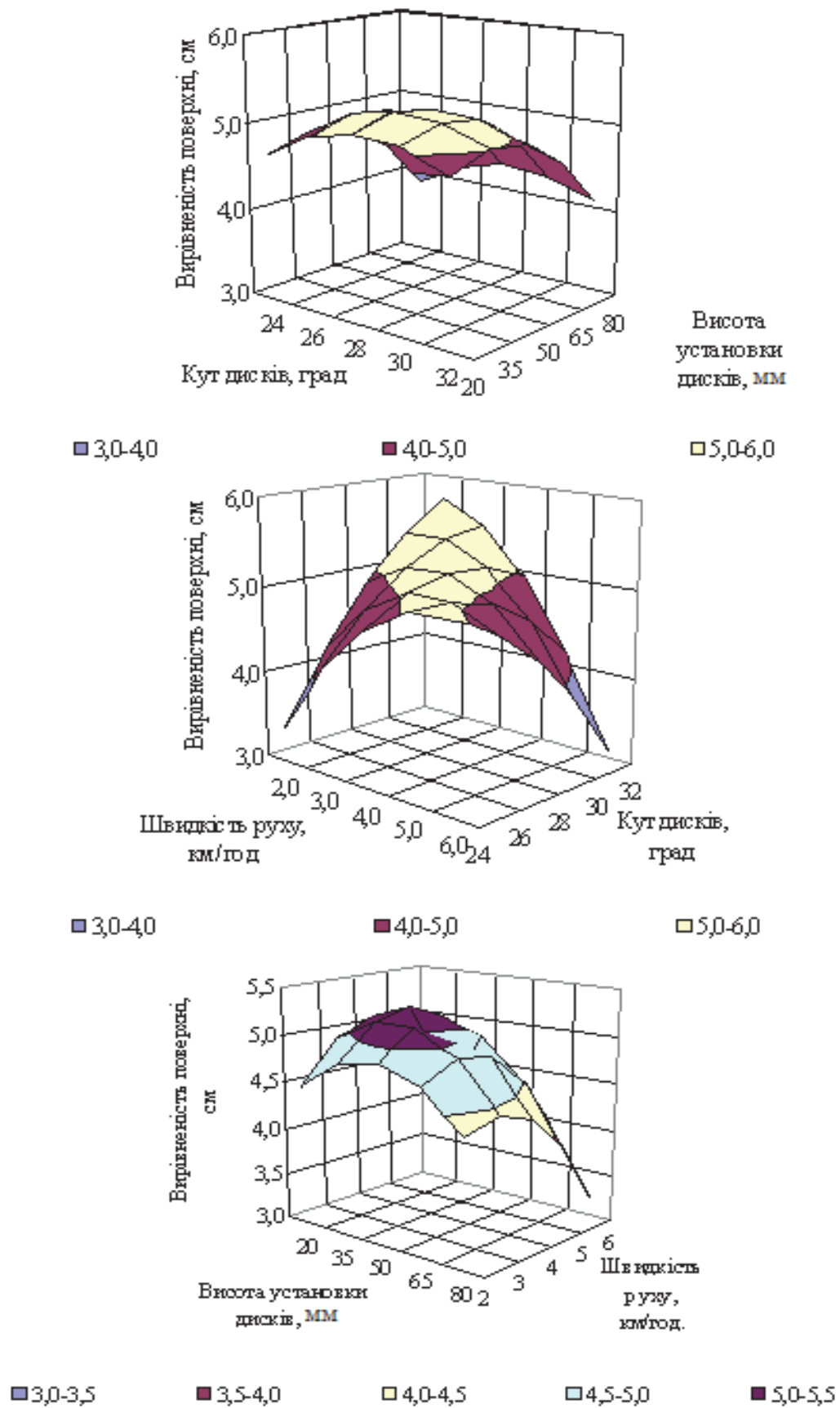
Із збільшенням висоти установки дискової батареї по відношенню до носка леміша, вирівняність поверхні поля зростає. Це обумовлено тим, що корпус плуга при заглибленні працює у більш стабільному режимі.

Швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем неоднозначно впливає на вирівняність поверхні поля, що пов'язано із наявністю ефекту накладання гребнистості поверхні поля, утвореної при проходженні дисків на гребнистість утворену роботою корпусів плуга. На вирівняність поверхні поля впливає також виглиблення робочих органів із ґрунту, який в різній мірі проявляється для плуга та дисків. При швидкості руху агрегату від 3 до 5 км/год вирівняність поверхні поля набуває максимального значення, що перевищує 5 см.

Оброблений ґрунт після проходження плуга з дисковим подрібнювачем наведено на рис. 4.5.

Дослідження впливу на глибину загорання рослинних решток кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем приведені на рис. 4.6. Встановлено, що глибину загорання рослинних решток в найбільшій мірі впливає висота установки дисків та швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем.

Із збільшенням висоти установки дискової батареї по відношенню до носка леміша, глибина загорання рослинних решток збільшується. Так при висоті установки дискової батареї по відношенню до носка леміша від 40 до 60 мм, глибину загорання рослинних решток максимальна і становить від 17 до 19 см.



**Рис. 4.4. Вплив на вирівняність поверхні поля кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем**

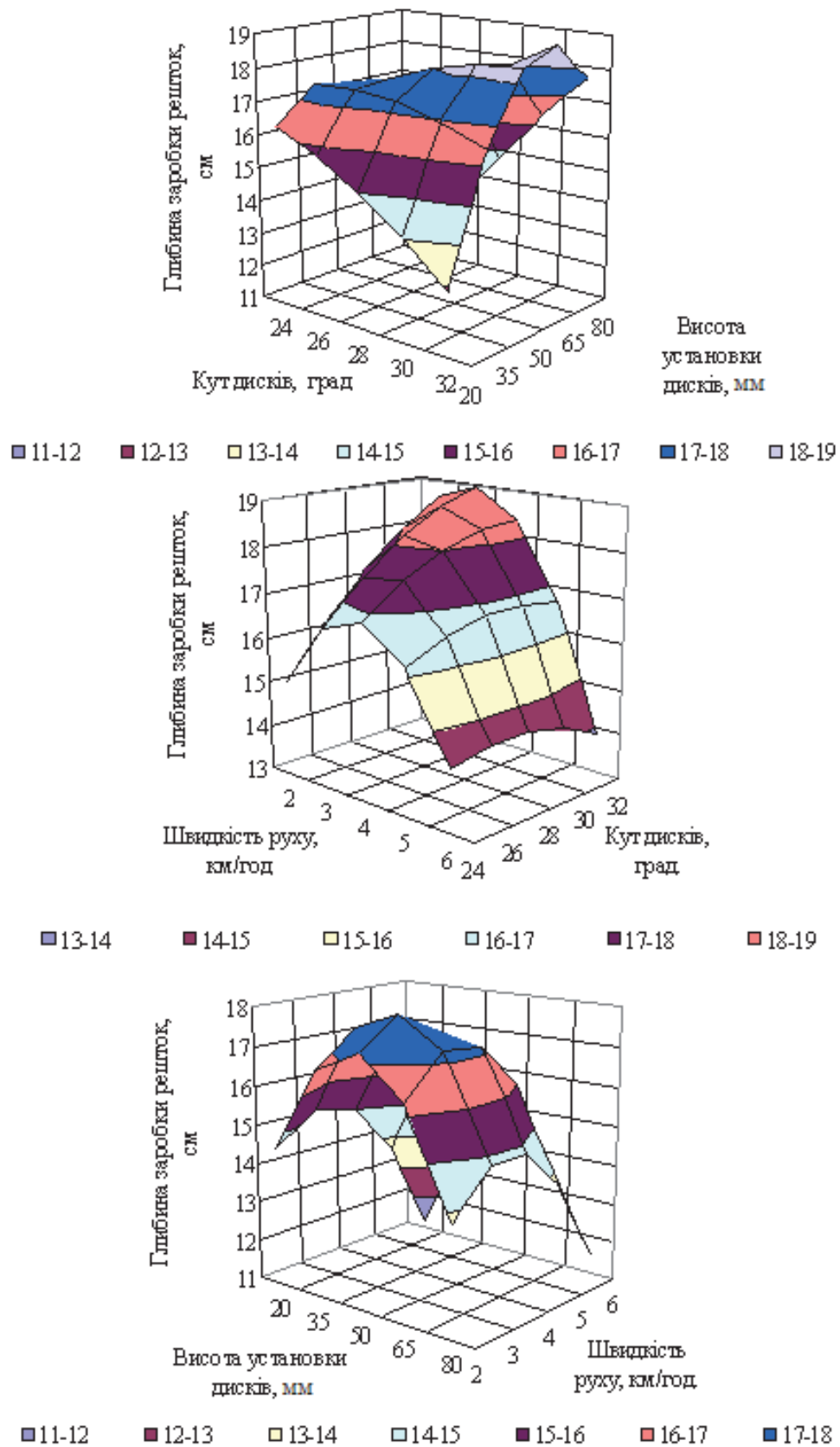


**Рис. 4.5. Оброблений ґрунт після проходу плуга з дисковим подрібнювачем**

Це обумовлено тим, що корпус плуга при заглибленні захвачує більший об'єм ґрунту. У подальшому вступає в роботу кутознім, яким обладнаний відвал плуга і робота якого дозволяє змінювати траєкторію польоту верхнього шару ґрунту на якому зосереджені рослинні рештки.

Рослинні рештки із верхнього шару ґрунту кутознім може направляти по трьох можливих траєкторіях. Перша, коли рештки укладаються на схил попередньої борозни, друга, коли рештки надходять на дно борозни і третя – коли рештки укладаються на схил новоутвореної борозни. Найкращим варіантом траєкторії є той, коли рештки лягають на дно борозни.

Швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем неоднозначно впливає на глибину загортання рослинних решток, що пов'язано із можливими траєкторіями їх руху при сході із кутозніму. Це пов'язано із впливом швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем на абсолютну швидкість сходу рослинних решток із кутозніму, а відповідно і їх укладанням, або на дно борозни, або за її межами. Максимальна глибина загортання рослинних решток становить від 17 до 19 см при швидкості руху агрегату від 3 до 4 км/год.

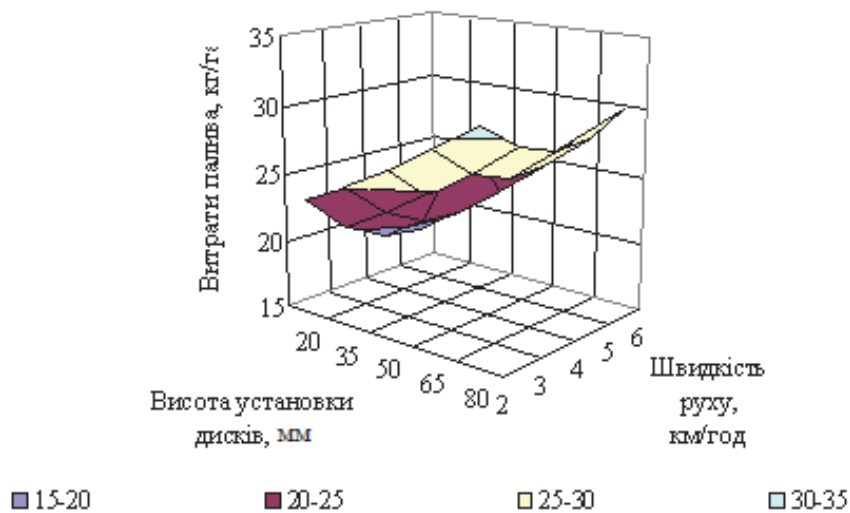
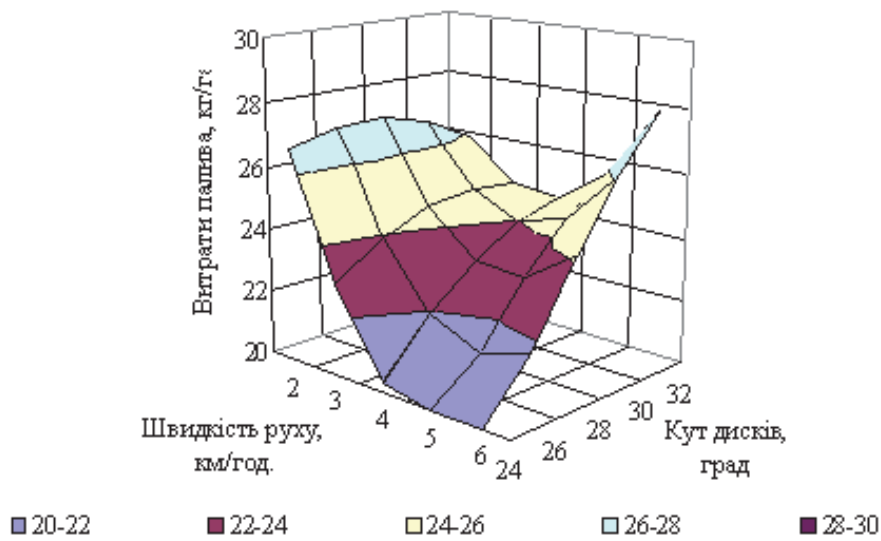
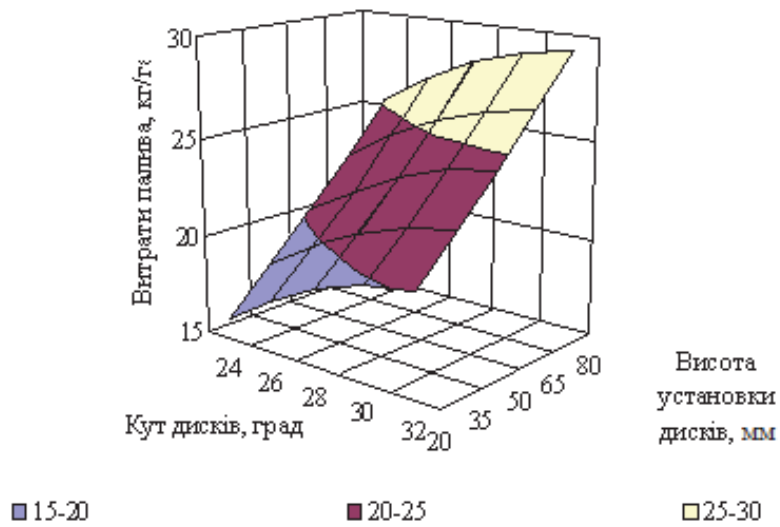


**Рис. 4.6. Вплив на глибину загортання рослинних решток кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем**

Дослідження показали (рис. 4.7), що на витрати палива частково впливає кут установки дисків. Так при висоті установки дискової батареї по відношенню до носка леміша 50 мм, витрати палива становили від 20 до 24 кг/га при зміні кута установки дисків від 24 до 32°. Вплив висоти установки дисків однозначно впливає на витрати палива, що пов'язано із збільшенням витрат енергії на подолання тягового опору при заглибленні корпусів плуга і навпаки. При збільшенні висоти установки дискової батареї по відношенню до носка леміша від 20 до 80 мм, витрати палива збільшуються від 16 до 29 кг/га.

Швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем неоднозначно впливає на витрати палива, що пов'язано із перевитратою палива при малих швидкостях руху та збільшенням витрат енергії при русі на більших швидкостях руху. При зміні швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем від 3 до 5 км/год. витрати палива мінімальні і знаходяться в межах від 19 до 24 кг/га. В цих же межах зміни швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем мінімальні витрати палива становлять від 18 до 19 кг/га при висоті установки дискової батареї по відношенню до носка леміша 20 мм, від 23 до 24 кг/га при висоті установки дискової батареї по відношенню до носка леміша 50 мм та від 28 до 30 кг/га при висоті установки дискової батареї по відношенню до носка леміша 80 мм.

Таким чином, вплив кута установки дисків, глибини установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем на витрати палива, вирівняність поверхні ґрунту, глибину загортання рослинних решток, ширину захвату плуга з дисковим подрібнювачем та глибину обробітку ґрунту має неоднозначний характер, що не дає можливості визначити конструкційно-технологічні параметри плуга з дисковим подрібнювачем. Так при швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем від 4 до 5 км/год. витрати палива знаходяться в межах від 18 до 30 кг/га, глибина обробітку ґрунту в межах від 17 до 21 см. Ці значення є мінімальними. В той же час, ширина захвату знаходяться в межах від 120 до 135 см, глибина загортання рослинних решток в межах від 15 до 19 см, вирівняність поверхні ґрунту в межах від 4,5 до 5,5 см. Ці значення є максимальними.



**Рис. 4.7. Вплив на витрати палива кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем**

Загальний вигляд поля до та після обробітку агрегатом МТЗ-82+ПЛН-3-35Д під час проведення досліджень показано на рис. 4.8.



**Рис. 4.8. Загальний вигляд поля до та після обробітку агрегатом МТЗ-82+ПЛН-3-35Д під час проведення досліджень**

#### **4.2. Дослідження якісних показників роботи плуга з дисковим подрібнювачем в залежності від його конструкційно-технологічних параметрів**

Оцінку роботи запропонованого плуга з дисковим подрібнювачем за мінімальними питомими витратами палива на виконання операції обробітку ґрунту показала (рис. 4.7), що швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем повинна знаходитися у межах від 4,4 до 4,8 км/год. Однак питомі витрати палива не характеризують якісні показники обробітку ґрунту, а тому

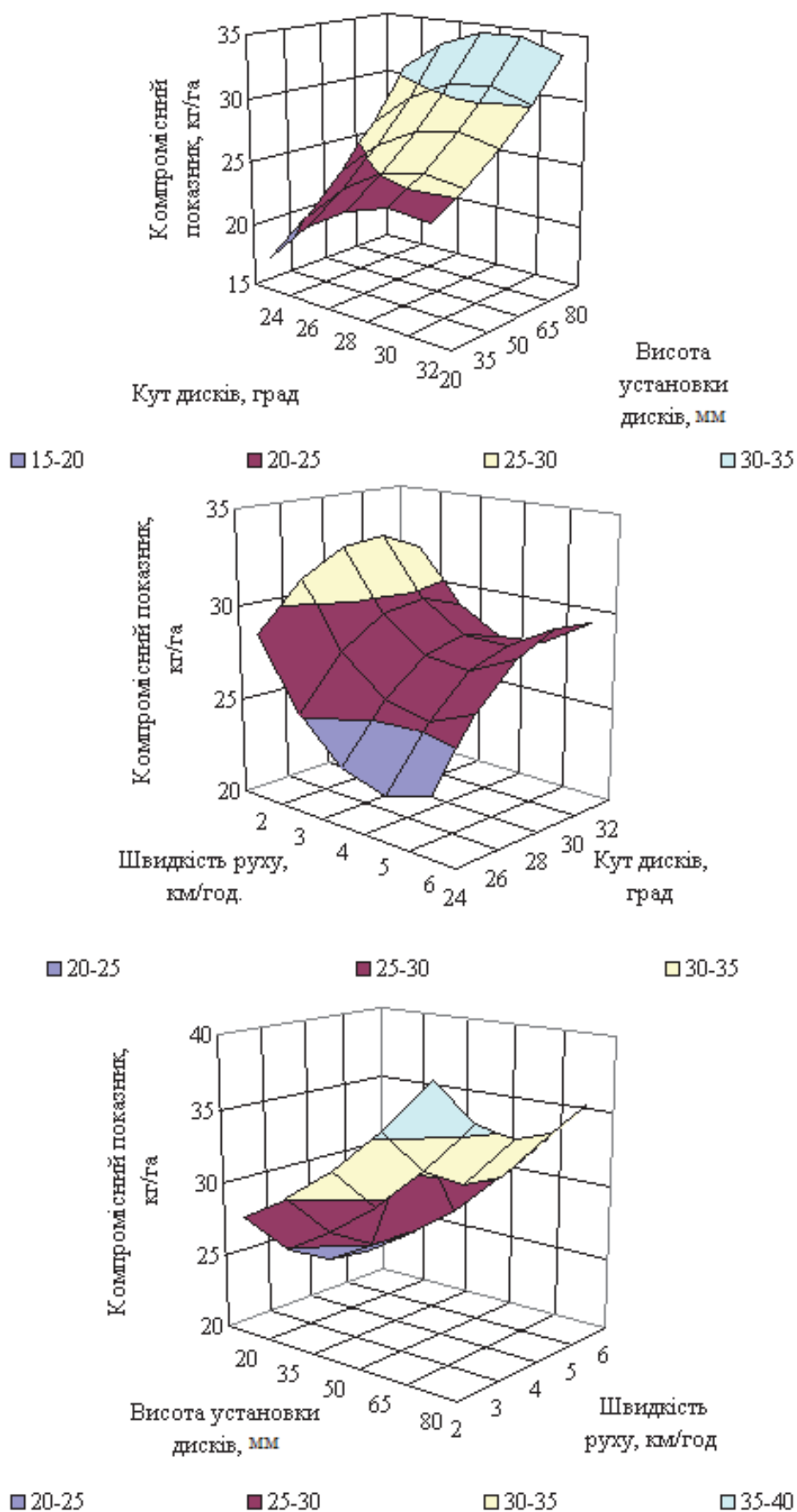


доповнимо їх показником, який враховує відносне відхилення значень якісних показників обробітку ґрунту від технологічно заданих. У цьому випадку компромісний показник, що враховує питомі витрати палива та якісні показники обробітку ґрунту визначався за виразом 3.1.

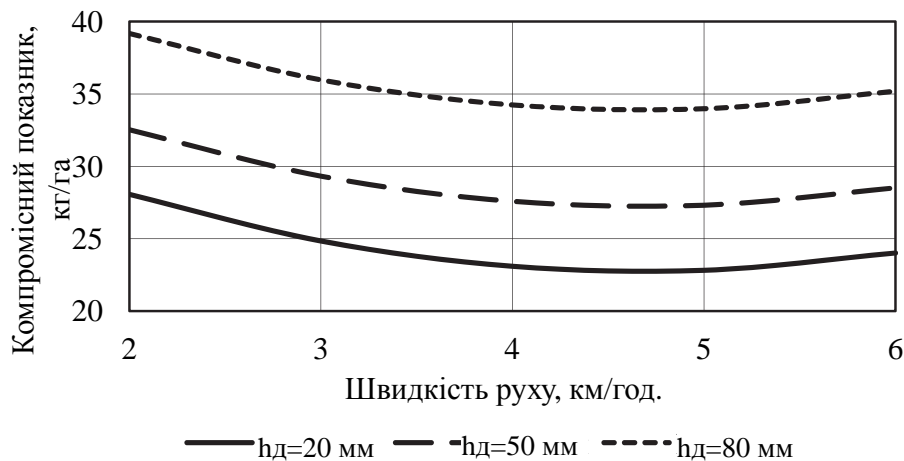
При розрахунках компромісного показника показники вирівненості поверхні поля, які були менше заданих значень, а також глибини загортання рослинних решток й глибини обробітку ґрунту, які були більше заданих значень в розрахунках не враховувалися.

Дослідження впливу кута установки дисків, глибини їх установки та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем на компромісний показник показали (рис. 4.9), що на компромісний показник неоднозначно впливає кут установки дисків та швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем. Неоднозначний вплив кута установки дисків на компромісний показник пов'язаний із тим, що при збільшенні кута установки дисків збільшуються витрати палива, а також збільшується глибина обробітку ґрунту.

В межах зміни факторів мінімальне значення компромісного показника зафіксовано при значенні кута атаки дисків  $24^\circ$ . Вплив висоти установки дисків однозначно впливає на компромісний показник. Це пов'язано з тим, що при збільшенні висоти установки дисків збільшуються витрати палива, що пов'язано із збільшенням витрат енергії на подолання тягового опору при заглибленні корпусів плуга і навпаки. При збільшенні висоти установки дискової батареї по відношенню до носка лемеша від 20 до 80 мм, компромісний показник змінюється в межах від 16 до 34 кг/га. В межах зміни факторів мінімальне значення компромісного показника зафіксовано при значенні висоти установки дискової батареї 20 мм. При зміні швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем від 4 до 5 км/год. компромісний показник набуває мінімального значення і знаходяться в межах від 22 до 28 кг/га. Мінімальне значення компромісного показника зафіксовано при зміні швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем від 4,2 до 4,6 км/год. (рис. 4.10).



**Рис. 4.9. Вплив на компромісний показник кута атаки, висоти установки дисків та швидкості руху агрегату**



**Рис. 4.10. Вплив швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем на компромісний показник**

Таким чином, при куті атаки дискової батареї  $24^\circ$ , висоті її установки 20 мм та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем 4,4 км/год. витрати палива становлять близько 15 кг/га, глибина обробітку ґрунту знаходиться в межах від 14 до 15 см, ширина захвату в межах від 125 до 126 см, глибина загортання рослинних решток в межах від 14 до 15 см, вирівняність поверхні ґрунту становлять близько 5 см.

#### **4.3. Результати порівняльних випробувань плуга з дисковим подрібнювачем**

Агротехнічну і тягово-енергетичну оцінку плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 (рис. 4.11) проведено на дослідних полях Кам'янець-Подільського аграрного університету Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. За базовий варіант прийнято плуг без дискового подрібнювача в агрегаті з трактором МТЗ-82 (рис. 4.12).



**Рис. 4.11. Трактор МТЗ-82 з плугом та дисковим подрібнювачем під час проведення порівняльних випробувань**



**Рис. 4.12. Вигляд обробленого поля після проходу плуга без дискового подрібнювача**

В результаті агротехнічної оцінки (табл. 4.3) визначено, що показники якості роботи плуга з дисковим подрібнювачем відповідають призначенню конструкції лише в певних межах регулювання, забезпечують розпушення ґрунту на глибину від 14 до 15 см та ефективне загортання рослинних решток на глибину оранки на легких за механічним складом ґрунтах. Визначено раціональні параметри даного плуга з дисковим подрібнювачем. Істотною виявилася, перш за все, різниця в ступенях загортання рослинних решток (рис. 4.13).

Таблиця 4.3

**Результати порівняльної агротехнічної оцінки плуга з дисковим подрібнювачем (нового агрегату) та без нього (базового агрегату)**

№	Найменування показника	Значення показника для машини	
		базової	нової
1	Марка машини	ПЛН-3-35	ПЛН-3-35Д
2	Марка трактора	МТЗ-82	
3	Робоча швидкість, м/с	4,4	4,4
4	Глибина обробітку середня, см	16	16
5	Ширина захвату середня, м	1,25	1,25
6	Гребнистість, см	7	5
7	Ступінь загортання рослинних решток, %	76	100
8	Продуктивність, га за 1 годину основного часу	2	2

Підтверджені експериментально, для умов зони Лісостепу України, раціональні значення конструкційно-компоновочних параметрів плуга з дисковим подрібнювачем, які визначені в результаті обробки експериментальних даних:

- ширина захвату загальна – 1250 мм;
- кут атаки дискової батареї – 24°;
- висота установки дискової батареї – 20 мм;

- кут нахилу дискової батареї –  $10^\circ$ ;
- швидкість руху плуга з дисковим подрібнювачем – 4,4 км/год.



**Рис. 4.13. Вигляд обробленого поля після проходу плуга з дисковим подрібнювачем**

#### **4.4. Висновки по розділу 4**

1. В результаті експериментальних досліджень та обробки отриманих даних розроблені регресійні математичні моделі, які характеризують зміни енергетичного показника – витрати палива та агротехнічних показників – ширини захвату, вирівняності поверхні поля, глибини обробітку ґрунту та глибини загортання рослинних решток у залежності від конструкційно-технологічних параметрів – кута атаки дискової батареї, висоти установки дискової батареї по відношенню до носка до носка лемеша плуга та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем.

2. Встановлено, що мінімальне значення компромісного показника, що враховує витрати палива та якість обробітку ґрунту досягається при куті атаки дискової батареї  $24^\circ$ , висоті установки дискової батареї 20 мм та швидкості

руху плуга з дисковим подрібнювачем 4,4 км/год. При цьому витрати палива становлять близько 15 кг/га, глибина обробітку ґрунту знаходиться в межах від 14 до 15 см, ширина захвату в межах від 125 до 126 см, глибина загортання рослинних решток в межах від 14 до 15 см, вирівняність поверхні ґрунту становлять близько 5 см.

3. Встановлено, що при конструктивно-технологічних параметрах взаємного розташування дискової батареї та плуга, що забезпечують мінімальне значення компромісного показника, в умовах експерименту було отримано 100 % рівень загортання рослинних решток та гребнистість поверхні поля, що відповідає агротехнічним вимогам.

## РОЗДІЛ 5

### ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛУГА З ДИСКОВИМ ПОДРІБНЮВАЧЕМ

#### 5.1. Виробнича перевірка плуга з дисковим подрібнювачем

Технічне забезпечення потреб загортання рослинних решток не відповідає сучасним потребам агропромислового виробництва, бо в основному продовжує базуватись на окремих одноопераційних машинах, які не здатні на сучасному технологічному рівні задовольнити операційні технології [44].

Оскільки, необхідно оцінити результати впливу окремої технологічної операції на кінцевий результат – врожай сільськогосподарської культури, доцільною є порівняльна оцінка техніко-економічної ефективності механізованих технологій вирощування культур [45, 46]. Крім того, порівняльна оцінка окремих механізованих технологій є важливою умовою раціонального розвитку внутрішнього ринку ґрунтообробної техніки.

Виробничу перевірку плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82, проведено на полях дослідного господарства Подільського аграрно-технічного університету Хмельницької області. За базовий варіант прийнято дві одноопераційні машини: дисковий подрібнювач в агрегаті з трактором МТЗ-82 та плуг в агрегаті з трактором МТЗ-82. Результати виробничої перевірки приведені в акті (додаток Е).

Результати виробничої перевірки підтвердили роботоздатність плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 при загортанні рослинних решток зернових, олійних та сидеральних культур. При цьому отримано зменшення витрат палива та підвищення якості обробітку ґрунту порівняно з базовим варіантом.

Результати виробничої перевірки підтвердили високу якість роботи плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 при обробітку ґрунту з одночасним загортанням рослинних решток в якості органічних добрив (рис. 5.1).





**Рис. 5.1. Зовнішній вигляд поверхні поля до і після обробітку**

Під час проведеної науково-виробничої перевірки встановлено можливості використання запропонованого плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 в якості знаряддя для основного обробітку ґрунту на необробленому попередньо стерньовому фоні при кількості рослинних решток на поверхні близькій до 3 т/га (рис. 5.2) та при загортанні біомаси (рис. 5.3, 5.4) з визначенням впливу дискового подрібнювача на роботу агрегату.



**Рис. 5.2. Вигляд агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 в роботі (один з аналогів)**



**Рис. 5.3. Визначення показників якості роботи окремих груп робочих органів плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82**

Застосування на плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 (Патенти України на винахід № 60774, 60809 див. Додатки А, Б) дозволяє розширити сферу застосування плуга, що засвідчила його апробація в господарствах зони Лісостепу України. Загортання рослинних решток відбувається значно ефективніше (рис. 5.3), ніж при застосуванні машин-аналогів (рис. 5.2).



**Рис. 5.4. Установка кута атаки дискової батареї плуга з дисковим подрібнювачем**

Результати досліджень підтверджено даними науково-виробничої перевірки і передано для реалізації при розробці нових ґрунтообробних агрегатах ВАТ „Камянець-Подільськсільмаш” (Хмельницької області) (Додаток Ж).

## **5.2. Техніко-економічна ефективність застосування комбінованого плуга**

За рахунок зменшення експлуатаційних витрат новий плуг з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82, порівняно з базовим, забезпечує зменшення прямих витрат на величину від 20 до 25 %.

При прогнозованому річному завантаженні плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 близько 500 годин, термін його окупності буде становити 0,31 року (табл. 5.1).

## **5.3. Рекомендації виробництву щодо застосування нового плуга**

Агротехнічні строки виконання операцій підготовки ґрунту під посів зернових колосових та олійних культур суцільного посіву, як правило, дуже стислі (складають від 10 до 30 днів). Тому послідовне виконання усіх технологічних прийомів призводить до порушення агротехнічних термінів, що негативно відображується на продуктивності вирощуваних культур. Втрата одного дня агротехнічно обумовленого строку виконання посіву знижує врожайність зернових колосових культур у середньому на 1 ц/га. А посіви озимого ріпаку й інших олійних культур, які виконані пізніше 25 серпня, як правило, вимерзають. Отже, необхідність застосування плуга з дисковим подрібнювачем існує об'єктивно.

Обробіток ґрунту під оброблювану культуру в сівозміні виконується по агрофону культури-попередника, що істотно впливає на технологічний режим роботи.

Таблиця 5.1

## Економічні показники плугів

Найменування показників	Од. виміру	Базовий варіант		Новий варіант
Об'єм виробничої перевірки	га	100		
Ширина захвату	м	3	1,20	1,25
Робоча швидкість	км/год.	6	4,4	
Ширина поля	м	1000		
Довжина гону	м	1000		
Кількість проходів по полю	шт.	333	833	800
Час на один прохід	год.	0,17	0,23	
Загальний час роботи	год.	55,56	189,39	181,82
Погодинна оплата	грн./год.	10,00		
Оплата праці	грн.	555,56	1893,94	1818,18
Питомі витрати палива	кг/га	7,5	14,0	15,0
Витрати палива	кг	750	1400	1500
Ціна палива	грн./кг	9		
Вартість палива	грн.	6750	12600	13500
Вартість трактора	грн.	160000		
Річне завантаження трактора	год.	2000		
Вартість агрегата	грн.	8000	8000	12000
Річне завантаження агрегата	год.	500	500	
Відрахування на ремонт і ТО	%	10		
Амортизаційні відрахування на трактор	%	15		
Амортизаційні відрахування на обладнання	%	20		
Витрати на ремонт і ТО	грн.	589	2080	2073
Витрати на амортизацію	грн.	928	3163	3327
Загальні витрати	грн.	28486,62		20718,18
Питомі загальні витрати	грн./га	284,87		207,18
Зменшення питомих витрат	%	27,27		
Прогнозний річний виробіток	га	500		
Річний економічний ефект	грн.	38842,17		
Термін окупності	років	0,31		

Зауважимо, що при більш глибокому вивченні особливостей групи зернових та олійних культур суцільного посіву, з'ясовано, що вони між собою являють добре сумісну пару в якості культури і попередника. Це дозволяє в деяких випадках, зокрема при активному запровадженні енергетичних посівів, переходити на двопільну сівозміну (наприклад, озимі зернові – озимий ріпак).

Особливого обліку вимагають характер розміщення і кількість рослинних залишків на поверхні поля на момент основної обробки ґрунту. Поверхневі рослинні залишки по своїй масі іноді в 4-5 разів перевершують кореневі. Тому, на технологічні результати роботи ґрунтообробних машин (забивання, повнота загортання і т.п.) впливають в основному названі першими. Проблеми з забиванням робочих органів плуга виникають при наявності куп незібраних і полеглих рослин, великої кількості рослинної маси. У цих випадках можливості і функціональні задачі ґрунтообробних машин істотно розрізняються, навіть у межах одного типу робочих органів. Зауважимо, що ефективних знарядь для виконання основної обробки ґрунту за один прохід машинно-тракторного агрегату (полицевих, дискових або чизельних) практично не має на ринку аграрної техніки України, а деякі комбіновані агрегати, що завезені з-за кордону, не адаптовані до вітчизняних умов використання.

Рослинні залишки, органічні і мінеральні добрива, внесені в ґрунт, повинні розташовуватися в ньому певним чином. Поповнення ґрунту органічними речовинами, його мульчування, загортання сидеральних культур, подрібненої соломи, стебел, бадилля – це важливі ґрунтозахисні елементи систем землеробства, які необхідно виконувати на високому технологічному рівні. Тому, ґрунтообробні машини варто розрізняти за глибиною загортання рослинних залишків, органічних і мінеральних добрив, зокрема, при обробці ґрунту, рослинна маса по можливості повинна бути рівномірно розподіленою у шарі 0...16 см.

#### **5.4. Висновки по розділу 5**

1. Виробничу перевірку комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 проведено на полях дослідного господарства Подільського аграрно-технічного університету Хмельницької області. За базовий взято дві одноопераційні машини: дисковий подрібнювач в агрегаті з трактором МТЗ-82 та плуг в агрегаті з трактором МТЗ-82.

2. Плуг з дисковим подрібнювачем в агрегаті з трактором МТЗ-82 при оранці з використанням рослинних залишків в якості органічних добрив забезпечує зниження питомих витрат палива при одночасному підвищенні якості загортання рослинних решток.

3. За результатами науково-виробничої перевірки новий комбінований агрегат порівняно з базовим аналогом забезпечує зменшення питомих експлуатаційних витрат на 20...25 % за одночасного підвищення якості загортання рослинних решток.

4. При річному завантаженні комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем упродовж 500 годин розрахунковий термін його окупності за результатами досліджень становить 0,31 року.

## ВИСНОВКИ

У монографії наведено теоретичне обґрунтування і подане нове рішення задачі механізованого подрібнення та загорання сидеральних культур, головним результатом якого є заміна двох одноопераційних машин комбінованим плугом з дисковим подрібнювачем, що дозволяє скоротити питомі витрати палива, праці, скоротити строки виконання обробітку ґрунту із покращенням агротехнічних показників загорання рослинних решток, а також:

1. Розроблена математична модель, що встановлює взаємозв'язок між діаметром диску подрібнювача, коефіцієнтами тертя рослинних решток по ґрунту й сталі, кутом установки дисків та глибиною обробітку ґрунту, визначає, що діаметр диску подрібнювача при обробітку ґрунту на глибину 5 см повинен знаходитися в межах від 120 до 140 мм, при 10 см – від 300 до 420 мм, а при 15 см – в межах від 480 до 640 мм.

2. Обґрунтовано мінімальну відстань між дисками подрібнювача рослинних решток, яка визначається коефіцієнтом тертя рослинних решток по сталі, діаметром дисків та глибиною обробітку ґрунту. При загоранні сидеральних культур з використанням дисків діаметром 400 мм на глибину 5 см, мінімальна відстань між дисками дискового подрібнювача повинна знаходитися в межах від 170 до 180 мм, при глибині 10 см – від 230 до 240 мм, а при 15 см – в межах від 255 до 265 мм.

3. В результаті експериментальних досліджень та обробки отриманих даних розроблені регресійні математичні моделі, які характеризують зміни енергетичного показника (питомої витрати палива) та агротехнічних показників (ширини захвату плуга, вирівняності поверхні поля, глибини обробітку ґрунту та глибини загорання рослинних решток) у залежності від конструктивно-технологічних параметрів комбінованого плуга – кута атаки дискової батареї, висоти установки дискової батареї по відношенню до носка леміша плужного корпусу з кутознімом та швидкості руху ґрунтообробного агрегату.

4. В умовах експерименту встановлено, що мінімальне значення компромісного показника, що враховує питомі витрати палива та якість обробітку ґрунту досягається при куті атаки дискової батареї  $24^{\circ}$ , висоті установки дискової батареї 20 см та швидкості руху плуга з дисковим подрібнювачем 4,4 км/год. При цьому витрати палива становлять близько 15 кг/га, глибина обробітку ґрунту знаходиться в межах від 14 до 15 см, ширина захвату в межах від 125 до 126 см, глибина загорання рослинних решток в межах від 14 до 15 см, а гребнистість поверхні ґрунту становить 4,9 см.

5. Визначено, що при конструктивно-технологічних параметрах взаємного розташування дискової батареї та плужного корпусу з кутознімом, що забезпечують мінімальне значення компромісного показника, рівень загорання рослинних решток становить 100 %, а гребнистість поверхні поля відповідає агротехнічним вимогам.

6. За результатами науково-виробничої перевірки новий комбінований агрегат порівняно з базовим аналогом забезпечує зменшення питомих експлуатаційних витрат на 20...25 % при одночасному підвищенні якості загорання рослинних решток.

7. При річному завантаженні комбінованого плуга з дисковим подрібнювачем на рівні 500 годин розрахунковий термін його окупності за результатами досліджень складає 0,31 року.



# ДОДАТКИ

Додаток А

Патент України на винахід № 60774





УКРАЇНА

(19) UA (11) 60774 (13) A

(51) 7 A01B13/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС

## ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВІНАХОД

МІСЦЕ ПОВІДНО  
ВІДПОВІДНОСТІ  
ЗНАЧЕННЯ  
ПАТЕНТУ

[54] ЯРУСНИЙ ПЛУГ

1

2

[21] 2003021469

[22] 20.02.2003

[24] 15.10.2003

[46] 15.10.2003 Бюл. № 10, 2003 р.

[72] Скоробогатов Дмитро Валентинович, Дубровин Іван Іванович, Олександрович Іванович, Малайчиков Олександр Валентинович, Запорожченко Олександр Валентинович, Міжурко Володимир Васильович, Сидорук Дмитро Степанович

[73] НАУКО-АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

[57] Ярусний плуг, який має напірний пристрій затулування встановленими на ньому корпусами верхнього та нижнього ярусів, який в ділянці, в якій він перебуває, має ширину між 45-65 (в напрямку руху встановленої батареєю дискових подрібнювачів, довжина проєкції його на перпендикуляр до напрямку руху площини горизонтальної поверхні корпусів

Знахід відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудівництва, зокрема до ґрунтообробних машин помірно-помірного типу для заорювання сидератів (зернянки добрив).

Відомо конструкція ярусного плуга (Австралійське видатство №1165244 Ярусний плуг (Дубровин В.А., Баденко О.П., Наймарк Н. – и др./Открытие: Изобретения - 1965 - №25 - с.3), яка включає напірний пристрій раму з встановленими на ній корпусами верхнього та нижнього ярусів.

Недоліком даного ярусного плуга є відсутність роботи затулування для піднятих коренівців та стеблених маси сидератів-них культур нерівномірність надходження потоку маси рослин до корпусів плуга при заорюванні сидератів, значна диференціальна та публічна заорювання сидератів по площі поля, що вводить значні втрати виконання та технологічну надійність роботи знахідки.

З огляду на викладене поставлено завдання удосконалення конструкції ярусного плуга для заорювання сидеральних культур шляхом встановлення конструктивних елементів та об'єднання раціональних існуючих елементів розроблених робочих органів, що мають інші функції, а саме батарею подрібнювачів дискових корпусів верхнього та нижнього ярусів у їх окремому виконанні.

Завдання виконуються завдяки тому, що в ярусному плугу, який має напірний пристрій затулування встановленими на ньому корпусами верхнього та нижнього ярусів, який в ділянці, в якій він перебуває, має ширину між 45-65 (в напрямку руху встановленої батареєю дискових подрібнювачів, довжина проєкції його на перпенди-

куляр до напрямку руху площини горизонтальної поверхні корпусів.

Новизною перед корпусами ярусного плуга батарея дискових подрібнювачів дозволяє об'єднати в єдиний технологічний процес подрізання коренівців, подрізання стеблених маси рослин сидератів - часткову їх заорювання дисковими робочими органами та повернення маси поглинутої рослин ярусним плугом, як самим знахідкою втрати технологічного процесу по полі та джерело втрат ресурсів у часті простору між операціями встановлення батареї дискових подрібнювачів від кутами 45-65 (в напрямку руху встановлених дискових подрібнювачів) довжина проєкції його на площині перпендикулярно до напрямку руху, дозволяє та ширину заорювання плуга дозволяє забезпечити повну напірну подачу подрібненої рослинної маси на корпуси верхнього ярусів, підвищує якість роботи знахідки по полі.

Отже запропоноване технічне рішення ярусного плуга дозволяє виконати поставлене завдання, забезпечити якість заорювання сидеральних культур за один прохід агрегату по полі, усунути значну диференціальну та публічну заорювання сидератів по площі поля, суттєво підвищити якість виконання та технологічну надійність роботи знахідки.

Суть винаходу може бути графічно наочно показаний на вигляд зверху.

Ярусний плуг, який має напірний пристрій затулування встановленими на ньому корпусами верхнього та нижнього ярусів, у напрямку руху перед корпусами 3 верхнього ярусу розміщено батарею

(19) UA (11) 60774 (13) A

## Продовження додатку А

3

дисківних подрібнювачів 5, всі які встановлено під кутом  $\alpha$  (в межах 45–85°) до напрямку руху, а їх ширинні захвати візня щільні захвати корпусів плуга.

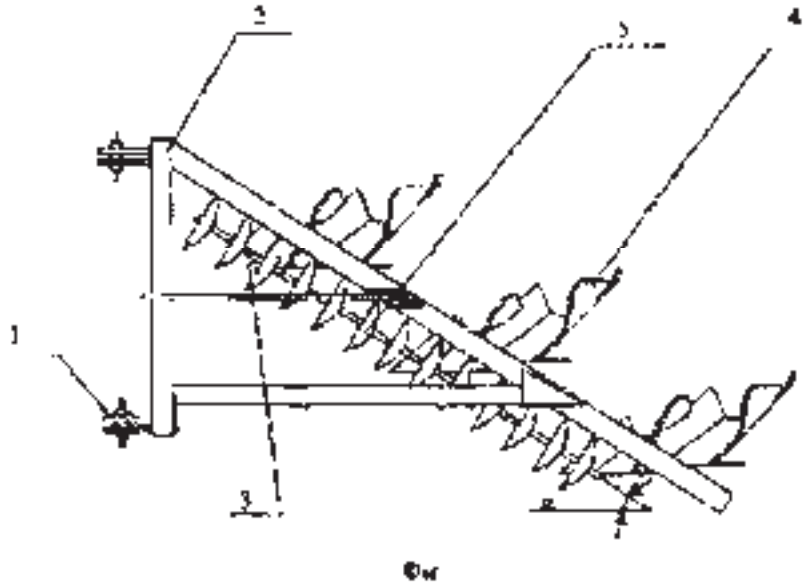
Трактор ярусний плуг каструльним чином. При переміщенні плуга батарея дисківних подрібнювачів 5 подрібнює і частково заорює рослини сидеральних культур. Розміщені за батареєю дисківні подрібнювачі 5 у напрямку руху корпусів з бокового яруса піднімають верхню снігу ґрунту разом

60774

4

з рослинною масою розміщеною на ній, обертують, розпушують і укладають її на дно півни борозни, утвореної попереднім корпусом 4 нижнього яруса. Потім корпус 4 нижнього яруса піднімає нижню частку в д. рослинних решток, снігу ґрунту, обертують, розпушують і укладає її на перевернуту знову верхню снігу, остаточно завершуючи процес заорювання сидерату.

Таким чином ярусний плуг дозволяє за один прохід ясно заорати сидеральні культури.



Комп'ютерна верстка Л. Яремко-Савва

Підпис: \_\_\_\_\_

Тираж 30 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, Гетьманська площа, 6, м. Київ, МСР С4155, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Симоненківська, 15, м. Київ, 04119

Додаток Б

Патент України на винахід № 60809





УКРАЇНА

(19) UA (11) 60809 (13) A

(51) 7 A01B13/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

№ 60809/14  
МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ

(54) ЯРУСНИЙ ПЛУГ

1

2

(21) 6006001563  
(22) 24.02.2014  
(24) 16.10.2003  
(46) 16.10.2003. Бюл. № 10, 2003 р.  
(72) Скоробогатов Дмитро Валентинович, Дубровин  
Євгеній Олександрович, Гандера Іван Миколайови  
ч, Скоробогатов Валентин Валентинович, Овча  
ркін В'ячеслав Васильович, Жуков Володимир  
Васильович, Сушко Дмитро Станіславович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(57) Ярусний плуг (1) складається з нахилної прикритої  
раму з встановленими на ній корпусами верхнього  
і нижнього ярусів та опорних коліс (2), який відрі  
зняється тим, що перед кожним корпусом вер  
хнього ярусу встановлено дисківий подрібнювач  
довжина віссю якого на перпендикулярну до  
напряму ходу площину дорівнює ширині захвату  
корпусу нижнього ярусу.

Винахід відноситься до (плугів сільськогосподарського машинобудування, зокрема до ярусних плугів для засівання сидератів (зелених добрив)).

Відома конструкція ярусного плуга (авторська заявка №1165244 Ярусний плуг /Дубровин Є.А., Евбєнєв О.П., Налєрєв Н.І. і др./ /Україна /Зобрєтєння - 1999 - №25 - С.3), яка виконає нахилний тристоронній раму з встановленими на ній корпусами верхнього і нижнього ярусів та опорним колісом.

Передом діючого ярусного плуга в відсутності якісних ознак для вирішення завдання та створення сідеративної культури, зокрема, надходження ґрунтового рослинного маси до корпусів плуга при заоранні, що ефективно знижує вартість виконання та технічну надійність роботи знаряддя.

В основу винаходу покладене завдання удосконалення конструкції ярусного плуга для заорання сідеративної культури і шляхом введення нових конструктивних елементів та об'єднання раціональної послідовності встановлення ярусних віссів, що мають вісь функції, а саме подрібнювач-ніс дисків, корпусів верхнього та нижнього ярусів у вигляді єдиної конструкції.

Завдання виконується завдяки тому, що в ярусному плугу який має нахилний пристрій (1), раму з борта встановленими на ній корпусами верхнього і нижнього ярусів та опорним колісом (2) для винаходу перед кожним корпусом верхнього ярусу встановлено дисківий подрібнювач довжина віссю якого на перпендикулярну до напрямку ходу площину дорівнює ширині захвату корпусу нижнього ярусу.

Технічне рішення перед кожним корпусом верхнього

ярусу дисківого подрібнювача дозволяє об'єднати в єдиний технічний процес підготовки ґрунту створення маси сидератів частково їх заорання дисківими подрібнювачами, обертання свічки і повного заорання рослин- корпусами верхнього і нижнього ярусів ярусного плуга, зменшивши кількість технічних процесів шляхом об'єднання ролей між технічними елементами. Борта встановлення дисківого подрібнювача паралельно площині корпусу верхнього ярусу, таким чином, що дозволяють працювати на площині, перпендикулярну до напрямку ходу дорівнює ширині захвату корпусу нижнього ярусу, дозволяє забезпечити якіснішу подану подрібнену рослинно-ґрунтового маси на корпуси верхнього ярусу і підвищити вартість роботи ярусного плуга.

Отже, запропоноване технічне рішення ярусного плуга з дисківими подрібнювачами дозволяє вирішити поставлене завдання забезпечити якісне заорання сидеративної культури за один прийом роботи, усунути диференціацію за напрямком заорання сидератів, частково підвищити вартість виконання та технічному надійності роботи знаряддя.

Суть винаходу пояснено традиційно на фіг. 1 - ярусний плуг вигляд зверху на фіг. 2 - ярусний плуг технічний процес роботи.

Ярусний плуг (1) складається з нахилної тристоронньої раму з встановленими на ній опорним колісом (2) корпусами верхнього (3) та нижнього (4) ярусів, у напрямку ходу перед кожним корпусом (3) верхнього ярусу розміщено дисківий подрібнювач (5), вісь якого встановлено паралельно до площини (6) паралельно з верхнього ярусу, а ширина захвату площини

(13) A  
(11) 60809  
(19) UA

## Продовження додатку Б

3  
 боту подрібнювача Б рівна ширині захвату корпусу 3 нижнього яруса.

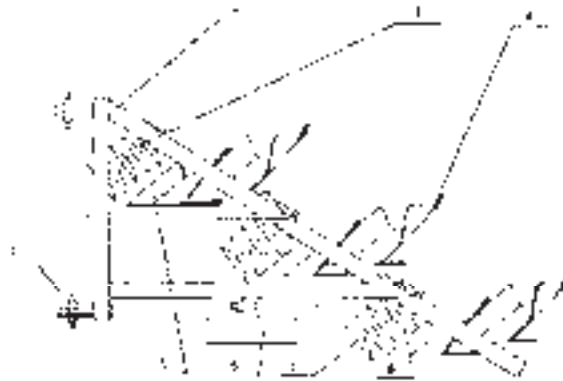
Працює ярусний плуг наступним чином. При переміщенні плуга дисками подрівнювача 3 подрівнюють і частково понижують рослини сидеральної культури. Розміщені за дисками подрівнювача ми Б у напрямку руху корпусу 3 верхнього ярусу підкачують верхню сирову брону разом з рослинною масою, розміщену на ній обертають, роз-

60809

пушують та укладають її на дно борозни борони, у борозні попереднім корпусом 4 нижнього ярусу. Потім корпус 4 нижнього ярусу підкачує нижню частку від рослинних решток сирову брону обертає, розпушує і укладає її на дзерзернуту раніше верхню сирову, остаточно збиваючи процес заохисання сидеральної культури.

Таким чином, ярусний плуг дозволяє за один прохід велику кількість сидеральної культури

4



Фіг. 1



Фіг. 2

Крип'як Олена Верішніч А. Ярусний плуг

Підприємство

Тираж 30 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, Львівська площа, 6, м. Київ, АНОП 04555, Україна

ПП "Український інститут промислової власності", вул. Симона Халемки, 15, м. Київ, 04119

Додаток В

Патент України на винахід № 62259





Продовження додатку В



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62259 (13) A

(51) 7 A01B13/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

ВІДСТАНЬ ПІД  
ВІДХОДНОСТЮ  
ВІДОСІ АБО  
ПІСЬМУ

(34) ЯРУСНИЙ ПЛУГ

1

2

(21) UKR00113389

(22) 14.02.2003

(24) 15.12.2003

(46) 10.12.2003. Бюл. № 12. 2003 р.

(72) Скоробогатов Дмитро Валентимович, Дубровін Валерій Олександрович, Бондарєв Іван Михайлович, Скоробогатов Валентин Валентинович, Овчарук Віталій Васильович, Жигурко Володимир Васильович, Сушко Дмитрій Станіславович

(73) ПОВІСЬСЬКА ДЕПАРТАМЕНТ АПАРАТНО-ПІДПРИЄМСТВО АКАДІМІЯ НАУК

(57) 1. Ярусний плуг, що має трип'яти-або шестип'яти-раму з встановленими на ній корпусами різального та ніжнього ярусів, який відрізняється тим, що у

напрямку руху перед кожним корпусом верхнього ярусу розміщено п'яти-або шестий колос.

2. Ярусний плуг по п. 1 який відрізняється тим, що п'яти-або шестий колос розміщено на відстані L перед кожним корпусом ніжнього ярусу, який являє собою лопатку, перпендикулярно напрямку руху, з шириною захвату рівною або більшою до 10% до ширини захвату корпусу ніжнього ярусу, при цьому відстань L обумовлена співвідношенням:  $a = 0,5L$ , де a - ширина ходу кожного верхнього ярусу, D - діаметр п'яти-або шестого колоса.

Відомо, що відносяться до галузі сільськогосподарського машинобудування, зокрема до конструкцій машин ланцюгово-рильового типу для заорювання гідратів ("запашки добрив").

Відомо конструкція ярусного плуга [1], яка являється чотири-або шестип'яти-раму з встановленими на ній корпусами різального та ніжнього ярусів, опорного колеса.

Недоліком даного ярусного плуга є наявність опорного колеса, яке викликає великі динамічні кулястість плуга на незначній ширині (до 20%) захвату плуга. Це спричиняє нерівномірність надходження плугу маси ґрунту до корпусів плуга при заорюванні гідратів, зникає диференціальна заглиблення заорювання гідратів до глибини та ширини ґрунту, що істотно знижує якість виконання та виконання кожної роботи ґрунту.

В основу винаходу покладено завдання удосконалити конструкцію ярусного плуга для заорювання гідратів ґрунту шляхом введення нових конструктивних елементів, збільшення ширини та об'ємності раціональною поєднання взаємного розміщення робочих органів, що мають різні функції, а саме при кожному зворотному ході п'яти-або шестип'яти-раму з напрямку руху перед кожним корпусом верхнього та ніжнього ярусів у напрямку руху.

Завдання виконуються завдяки тому, що з'являється плуг, який відрізняється п'яти-або шестип'яти-раму з оста, зовні на ній корпусами різального та ніжнього ярусів, у напрямку руху перед кожним корпусом верхнього ярусу на відстані L розміщено п'яти-

або шестий колос, який встановлено перпендикулярно напрямку руху, з шириною захвату рівною або більшою до 10% до ширини захвату корпусу ніжнього ярусу, при цьому відстань L обумовлена співвідношеннями параметрів:  $a = 0,5L$ , де a - ширина ходу корпусу верхнього ярусу, D - діаметр п'яти-або шестого колоса.

Розміщення замість опорного колеса п'яти-або шестого колоса забезпечує стабільний процес виконання гідратів (як у протилежну, так і в єдиний бік) п'яти-або шестий колос намагає рівномірно заглибити поперек гідратів, що поступало безпосередньо до корпусу верхнього ярусу, який здійснює обертання верхнього ярусу разом з ніжним ярусом разом з кожним ходом. Встановлення складних систем перпендикулярно напрямку руху сприяє підвищенню продуктивності машин на ґрунтах верхнього ярусу порівняно до єдиного напрямку руху, що сприяє однобічності виконання обертання ґрунту на ґрунтовій масі та ґрунтовій стійкості. Ширина оста, що досягає або більша до 10% до ширини захвату корпусу ніжнього ярусу забезпечує надійність виконання технологічного процесу заорювання гідратів, підвищує якість роботи ярусного плуга. Відстань L між п'яти-або шестим колосом і корпусом верхнього ярусу обумовлена необхідністю забезпечення постійного відношення незалежного виконання процесів при кожному зворотному ході ґрунту маси гідратів, без ступеня заорювання у часті постої.

Отже, запропоноване технічне рішення виконує всі завдання, до яких було поставлено завдання

(19) UA (11) 62259 (13) A

## Продовження додатку В

3

62259

4

показати як ширину надходження потоку маси рослин до корпусів верхнього ярусу шляхом заарювання сидератів у зручному згині диференціації та глибини заготівки сидератів по площі площі катоду підвищити якість внесення та технологічну надійність роботи апарату.

Суть винаходу пояснено графічно на фіг. 1 - нижній штурвал вліва, на фіг. 2 - технічний процес роботи ярусного плуга.

Ярусний плуг включає корпуси тристаї 1 (за фіг. 2) встановлені на ніжних корпусах зорьового 3 та нижнього 4 ярусу у напрямку руху перед кожним корпусом 3 верхнього ярусу на відстані  $L$  розміщено гладкий коток 5, висота якого встановлена перпендикулярно до напрямку руху, а ширина захвату  $B$  або більша до 70% до ширини захвату корпусу 4 нижнього ярусу при певній відстані  $L$  обумовлено співвідношенням параметрів  $L < L_0 = 0,5D$ , де  $D$  - глибина ходу корпусу 3 верхнього ярусу,  $L_0$  - діаметр гладкого котка 5.

Працює ярусний плуг наступним чином. При проходженні плуга гладкий коток 5 зміщує рослини сидеральних культур підкосами, що дозволяють або рідше більш за ширину захвату корпусу 4 нижнього ярусу. Розміщені за гладкими котками 5 у

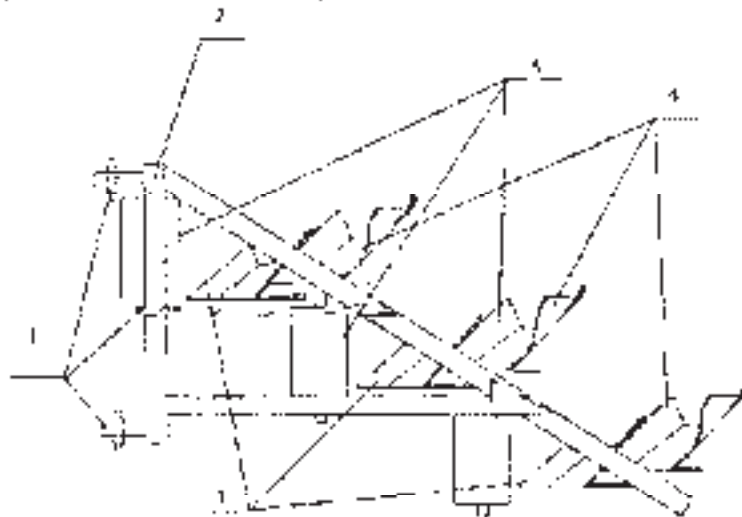
напрямку руху корпуси 3 верхнього ярусу підіймають верхню смітку ґрунту разом з рослинною масою розміщеною на ній обертають результують та укладають її на дно поля порівняно утворенні попереднім корпусом 4 нижнього ярусу. Таким корпусом 4 нижнього ярусу підімає нижню частину розквітлого смітку ґрунту, обертає, розпушує, укладає її на перевернуту раніше верхню смітку. Устаткування забезпечує процес заарювання сидеральних культур.

Якість виконання технологічного процесу його технологічна надійність зостаються в залежності від розміщення гладкого котка 5 на корпусах верхнього ярусу 3 яке визначається співвідношеннями  $L < L_0 = 0,5D$ . Вона дозволяє забезпечити послідовну незалежне виконання процесів трико-уважної заарювання рослини маси сидератів. Без статичного зорювання у частині постолю.

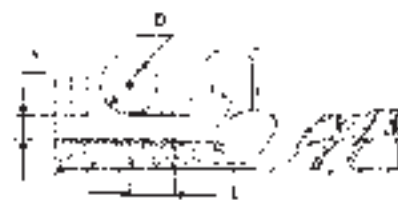
Таким чином ярусний плуг дозволяє за один прохід ярусно заарювати сидеральні культури.

Джерело інформації:

1. Авторське свідоцтво № 160244 Ярусний плуг / Дубозовик В.А., Бабченко О.П. патентний інженер // Український інтелектуальний фонд — 1985 — №25 — С. 3.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна версія А. Крутькоєвич

Підпис:

14.03.89 пр.м.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, Львівська площа, 6, м. Львів, МСР 04555 Україна

ДП «Український інститут промислової власності», вул. Ол. Мухомова, 15, м. Київ 04119

Додаток Г

Патент України на винахід № 62260





УКРАЇНА

(19) UA

(11) 62260

(13) A

(51) 7 A01B13/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІД

№ 7/11/13/14  
ВІДПУБЛІКОВАНІСТЬ  
ЗНАХОДІТЬ  
ПІДПАНТ

[54] ЯРУСНИЙ ПЛУГ КОМБІНОВАНИЙ

1

2

[21] 150183/1340

[22] 14.02.2003

[24] 15.12.2003

[46] 15.12.2003, Бюл. № 12, 2003 р.

[72] Сторобилатов Дмитро Валентинович, Дубровик Валерій Олександрович, Ендров Іван Михайлович, Слобожанов Валентин Валентинович, Овчарук В'ячеслав Васильович, Жукунко Володимир Васильович, Судило Дечіж Станіславович.

[73] ПОДІПІСЬКА ДЕРЖАВНА АГРАРНО-ІНЖЕНЕРНА АКАД. Ф. М. М.

[57] Ярусний плуг комбінований, що має три яруси.

Винахід відноситься до складу сільськогосподарського машинно-обладнання, зокрема до тригрових обробних машин типу поповнювачів типу для зорозки пшавирозатів («розпашувачів»).

Елементи машини ярусного плуга включають корпуси верхнього та нижнього ярусів [1].

Недоліком даного ярусного плуга є відсутність пристосування, яке змінює розпил сидеральних культур перед заорозенням цієї землі, що спричиняє значну діабезецицію за глибиною за органіки сидератів по площі, збиття агресивності висхідної та технічної надійності роботи знаряддя.

З огляду на вищезазначене завдання урозробленої конструкції ярусного плуга для заорозення сидеральних культур шляхом введення поглибленої конструкції елементів оброблення раціонального з'єднання розпашувачів робочих органів.

Завдання виконується завдяки тому, що в ярусному плугу комбінованому, який виконує машини тригровий раму з встановленими на ній горизонтальними корпусами верхнього та нижнього ярусів. Перед кожним корпусом верхнього ярусів встановлений кінцевий коток задня у напрямку руху та ра якою в горизонтальній площині проекції паралельно до паша горизонтальна верхнього ярусів, а вісь обертання розміщена під кутом  $\alpha$  до напрямку руху, який знаходиться в межах 20-60°. Тригровий нижній та верхній кінцевий коток в поперечно-вертикальній площині проекції паралельно пашу корпусу верхнього ярусів.

Кінцева форма та заповнення розміщені над-

ний тригровий раму з встановленими на ній корпусами верхнього та нижнього ярусів. Відзначається тим, що перед кожним корпусом верхнього ярусів встановлений кінцевий коток задня у напрямку руху, вісь якого в горизонтальній площині проекції паралельно до паша корпусу верхнього ярусів, а вісь обертання розміщена під кутом  $\alpha$  до напрямку руху, який знаходиться в межах 20-60°, при цьому нижній та верхній кінцевий коток в поперечно-вертикальній площині проекції паралельно до паша корпусу верхнього ярусів.

Винахід відноситься до складу сільськогосподарського машинно-обладнання, зокрема до тригрових обробних машин типу поповнювачів типу для зорозки пшавирозатів («розпашувачів»).

Елементи машини ярусного плуга включають корпуси верхнього та нижнього ярусів [1].

Недоліком даного ярусного плуга є відсутність пристосування, яке змінює розпил сидеральних культур перед заорозенням цієї землі, що спричиняє значну діабезецицію за глибиною за органіки сидератів по площі, збиття агресивності висхідної та технічної надійності роботи знаряддя.

Завдання виконується завдяки тому, що в ярусному плугу комбінованому, який виконує машини тригровий раму з встановленими на ній горизонтальними корпусами верхнього та нижнього ярусів. Перед кожним корпусом верхнього ярусів встановлений кінцевий коток задня у напрямку руху та ра якою в горизонтальній площині проекції паралельно до паша горизонтальна верхнього ярусів, а вісь обертання розміщена під кутом  $\alpha$  до напрямку руху, який знаходиться в межах 20-60°. При цьому нижній та верхній кінцевий коток в поперечно-

(19) A  
(11) 62260  
(19) UA

## Продовження додатку Г

3

62260

4

вертикальній площині прорізи А паралельні а довжину В корпусу 3 верхнього ярусу.

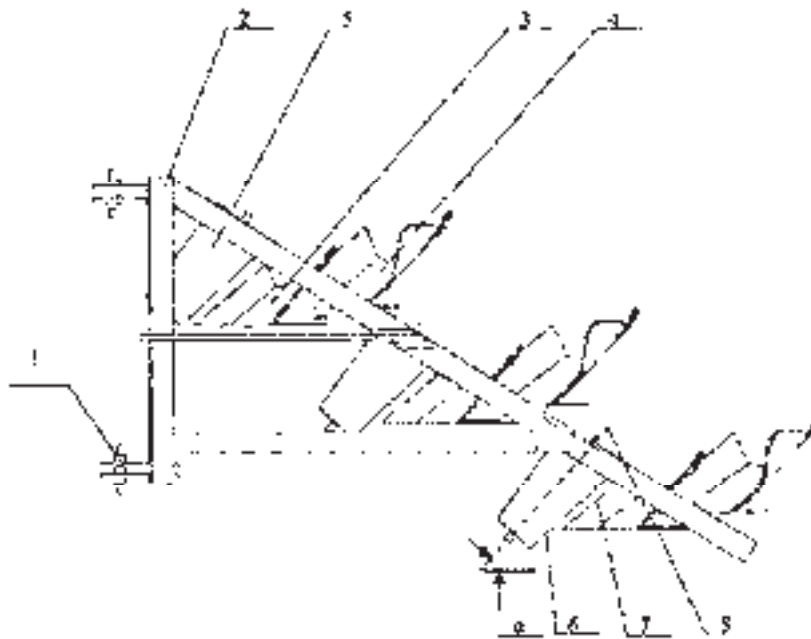
Ярусний плуг комплектується наступними чинами. При переміщенні верхнього плуга комбінованого кінця гонік 5 змінає рослини видозалиси культури попередню до досягнення ширини захвату корпусу 4 нижнього ярусу. Розміщений за комбінованим гоніком 5 у напрямку руху корпусу 3 верхнього ярусу підрізає верхню частину грунту разри в рослинної масою, розміщеною на ній, обертає, розпушує та укладає її на дно повної борозни утворюючи попередній корпусом 4 нижнього ярусу. Потім корпус 4 нижнього ярусу підрізає нижню

частину від рослинних решток, скибу гоніку обертає розпушує укладає її на перевернуту частину верхньої скибу остаточно завершуючи процес залягання сидеральної культури.

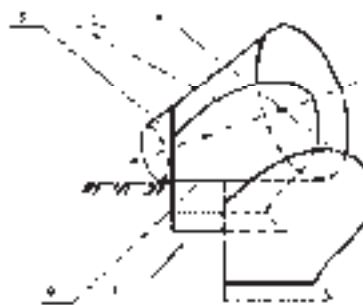
Таким чином ярусний плуг крім кованний дозволяє за один прохід являти заорати сидеральну культури.

Джерело інформації:

1. Авторська заявка № 1185244. Ярусний плуг / Дублюгин В.А., Бабченко О.П., Назарний Н.Н. / др. // Открития. Изобретения. 1985. №25. С.3.



Фиг. 1



Фиг. 2

Самплетер із верстки А. Козубовський

Подписи:

Українська преса

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, Гетьманська площа, 5, м. Київ, МСП 04535 Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Св.П. Хоробрих, 15, м. Київ, 04119

Додаток Д

Патент України на винахід № 62261





УКРАЇНА

(19) UA

(11) 62261

(13) A

(51) 7 A01B13/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС

## ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

ВІДПОВІДАЄ П. С.  
НАДІСЛАНО ДО  
ДІЯЛЬНОГО  
ПАТЕНТУ

### (54) ЯРУСНИЙ ПЛУГ З КОТКАМИ

1

2

(21) 2003/01341

(22) 14.02.2003

(24) 15.12.2003

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2003 р.

(72) Сторобогатов Дмитро Валентинович, Дубровин Валерій Олександрович, Бендера Іван Миколайович, Слюкбогатоз Валентин Вікторович, Свечук В'ячеслав Васильович, Жижурко Володимир Васильович, Дубриденко Сергій Миколайович

(73) ПОДІПИСЬОВКА ДЕРЖАВНА АГЕНДНО-

ТЕХНІЧНА АКАДЕМІЯ

(57) Ярусний плуг з котками, що містить корпус рам з встановленими на ній корпусами верхнього та нижнього ярусів, який відрізняється тим, що у напрямку руху перед заднім корпусом верхнього ярусу розміщено набір-ніж котка, висхідного встановлення паралельно його лемешу, а шиси захвату котка зліва шиси захвату корпусу нижнього ярусу.

Вінахід відноситься до галузі сільськогосподарської машинобудівництва, зокрема до "ручково-обробки ґрунту прищипувального типу для заорювання сидератів ("зеленого добрив").

Відомо конструкція ярусного плуга [1], яка включає корпус рам з встановленими на ній корпусами верхнього та нижнього ярусів.

Недоліком даного ярусного плуга є відсутність робочих органів для попереднього зникання рослин сидеральної культури, нерівномірність надходження потоку маси рослин до корпусів плуга при зорюванні сидератів, а також диференціальна швидкість заорювання сидератів по площі поля, що істотно знижує якість виконання та технічну надійність роботи знаряддя.

За основу винаходу покладено завдання щодо створення конструкції ярусного плуга для заорювання сидеральної культури шляхом заведення робочих конструктивних елементів та зорювання розрива між частями різних функцій з однієї працюючої зорювальної частини верхнього та нижнього ярусів у їх конструктивній взаємодії.

Завдання виконуються завданнями, що в ярусному плугу з котками, який включає корпус рам з встановленими на ній корпусами верхнього та нижнього ярусів, у напрямку руху перед заднім корпусом верхнього ярусу розміщено набір-ніж котка, висхідного встановлення висхідного лемешу, а ширина захвату котка рівна ширині захвату корпусу нижнього ярусу.

Розміщення набірних котків безпосередньо перед корпусом верхнього ярусу дозволяє здійснювати зникання сидератів попереднім процесом прищипування та тривалого розриву сидеральної

культури котками, набірні котки здійснюють істотно більше прищипування рослин сидеральної культури масою з широким контактом. Ширина захвату набірних котків, що збільшує ширину захвату корпусу нижнього ярусу, забезпечує нахватування з протилежними напрямками за ширинкою стрічки сидератів. Це поступає безпосередньо до корпусів верхнього ярусу, який здійснює обертання верхньої частини ярусів з рівномірною тривалістю та децю спливаючи рослиною масою. Встановлення набірних котків під кутом до напрямку руху в цьому випадку здійснюється додатково до лемешу, оскільки спрямовує подачу рослиною масою на корпуси верхнього ярусу, що сприяє однаковості виконання роботи рослиною масою та зорюванні ширини захвату корпусу з безпосередньою надійністю виконання технічного процесу заорювання сидератів і підвищує якість роботи ярусного плуга.

Таке запропоноване технічне рішення ярусного плуга з котками дозволяє вирішити поставлене завдання, покращити якість виконання роботи, збільшити надходження потоку маси рослин до корпусів верхнього ярусу плуга при зорюванні сидератів, усунути значну диференціальну швидкість заорювання сидератів по площі поля, істотно підвищує якість виконання та технічну надійність роботи знаряддя.

Суть винаходу пояснено графічно на фігурі ярусний плуг з котками, який зверху.

Ярусний плуг включає корпус рам з встановленими на ній корпусами верхнього 3 та нижнього 4 ярусів, у напрямку руху перед заднім корпусом 3 верхнього ярусу розміщено набір-ніж котка 5, висхідного встановлення пара-

(19) UA (11) 62261 (13) A

## Продовження додатку Д

3

62261

4

пунк його лемешу 6, а ширина захвату котка р вна ширині захвату корпусу 4 – нижнього яруса.

рацює ярусний плуг наступним чином. Під перемищені плуга набірні котки 5 здійснюють розпашку сидеральної культури стрічками до межини ширині захвату корпусів нижнього 4 і верхнього 3 ярусів. Котки набірні 5 пружинає та проганяє рослинну масу внаслідок його розміщення під кутом до напрямку руху. Варіабельно лемешу 6 корпусу 3 верхнього ярусу. Розміщені за набірними котками 5 у напівяку вуху корпуси 3 верхнього ярусу в діляють верхню сльбу ґрунту разом з рослинною масою розміщеною на ній, обертають, розпушують та укладають її на дно поливи борозни, утвореної попереднім корпусом 4 нижнього ярусу. Потім корпус 4 нижнього ярусу підразає її знову чисту від рослинних решток сльбу ґрунту, обертає, розпушує і вкладає її на поверхню рівнини верхню сльбу, остаточно завершуючи процес

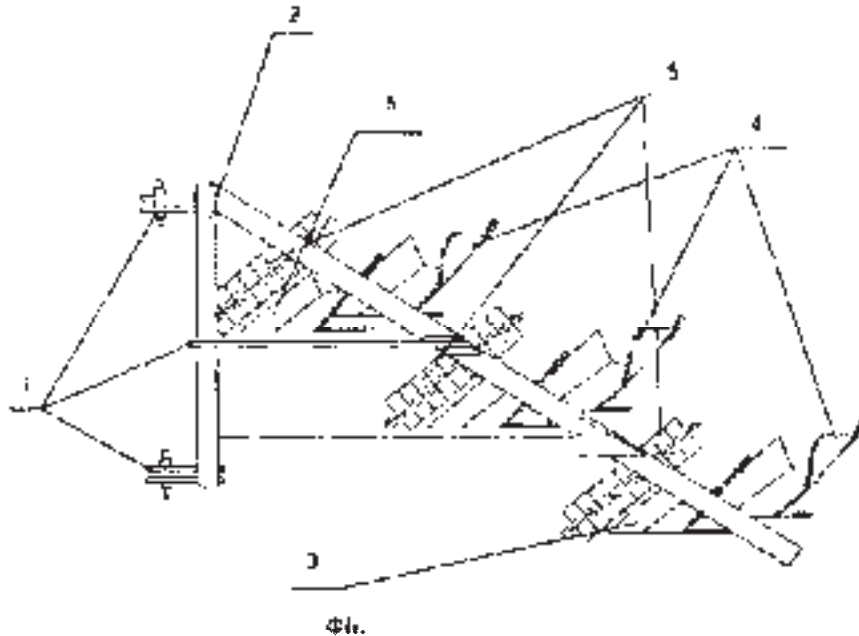
заорювання сидеральної культури.

Якість виконання технічного процесу його технологічно надійність зостається внаслідок взаємодії розміщення наборного котка 5 та корпусу 3 верхнього ярусу яке дозволяє сумістити процеси ліквідації та протягування в просторі часі. В той же час таке взаємне розташування робочих органів дозволяє забезпечити поступове і паралельне виконання процесів прикочування з протягування та заорювання рослинної маси сидеральної.

Таким чином, ярусний плуг з лемешом дозволяє за один прохід масно заорати сидеральну культуру.

**Джерело інформації**

1. Авторське свідоцтво №1\*55244 Ярусний плуг / Дубозвіт В.А., Бабченко О.П., Нагорний І.Н. / др. // Окремі Інвентаризації — 1985 — №25 — С. 3.



Фі.

Комп'ютерна верстка А. Сугласьки

Лідія Сте

Тираж 25 прим

Містерство освіти України

Державний департамент інтелектуальної власності, Гельсінґерська площа, 8 м Київ МСП 04255 Україна

ДП "Український інститут промислової власності" вул. Симона Ходковича, 15, м. Київ, 04119



Додаток Е

**Акт впровадження результатів науково-дослідницьких,  
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Затверджую  
Проректор з наукової роботи і міжнародних зв'язків  
Подільського державного аграрно-технічного університету  
Овчарук В.І.  
04 вересня 2012 р.

Затверджую  
Головний інженер  
Публічне підприємство «Кам'янець-Подільськесільмаш»  
Костовський П.Г.  
04 вересня 2012 р.

**Акт**  
впровадження результатів науково-дослідницьких,  
дослідно-конструкторських та технологічних робіт

04 вересня 2012 р.

Ми, що підписались нижче, представники Подільського державного аграрно-технічного університету директор ІМЕСГ Бендера Іван Миколайович, заступник директора ІМЕСГ з наукової роботи Слободян Сергій Борисович, головний технолог ПАТ «Кам'янець-Подільськесільмаш» Сосновський Олег Едуардович, директор ННІ НУБІП України Дубровін Валерій Олександрович, здобувач Скоробогатов Дмитро Валентинович, з іншого боку склали цей акт про те, що у 2012 р. проведено науково-дослідні та технологічні роботи у навчальному господарстві Подільського державного аграрно-технічного університету, Хмельницької області і впроваджено комбінований плуг з дисковим подрібнювачем для заготання сидеральних культур.

Результатом дослідження є нове рішення задачі заготання сидеральних культур. Головним результатом є заміна двох одноопераційних агрегатів одним, із скороченням витрат пального, праці, строків виконання робіт, кращим заготанням рослинних рештків.

Представники ПДАТУ:

Д. т. н., професор Бендера І.І.  
К. ф.-м. н., доцент Слободян С.Б.

Представники НУБІП:

Д. т. н., професор Дубровін В.О.  
Здобувач Скоробогатов Д.В.

Представник ПАТ «Кам'янець-Подільськесільмаш»:

Головний технолог Сосновський О.Е.

Додаток Ж

**Акт передачі технічної документації**

**ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
«Кам'янець-Подільськсільмаш»**

вул. Індустріальна, 1а  
м. Кам'янець-Подільський  
Хмельницька обл.  
Україна, 32300  
т/ф: /03849/ 3-33-94, 3-42-60, 3-44-70  
e-mail: podolskselmash@mail.ru

р/р 26007272994009, МФО 315405  
Хмельницька філія ПАТ КБ «Приватбанк»  
м. Кам'янець-Подільський  
Код ЄДРПОУ 00236062  
Под. № 002360622094  
Св. № 200002205

№ 01-01 від « 12.01. » 2016 року

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

**про передачу конструкторської документації**

**на виготовлення машини**

Згідно рішення проблемної ради НДІ техніки і технологій НУБіП України (протокол № 3 від 10 грудня 2014 року) комплект конструкторської документації на виготовлення комбінованого плуга для загортання сидеральних культур передано в ПАТ "Кам'янець-Подільськсільмаш" для використання при виготовленні під замовлення сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств.

Голова правління



*[Handwritten signature]*  
В.В.Скоробогатов

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамович І. М. Продуктивність післяжнивних посівів хрестоцвітих в залежності від строків сівби і способів обробки ґрунту / Абрамович І. М., Ромениц Д. В., Різничук С. Т. // Інтенсифікація сівозмін проміжними посівами в умовах західних районів України. – Львів, 1985. С. 47 – 51.
2. Алексеев Е. К. Зеленое удобрение / Алексеев Е. К. – Минск, Урожай, 1970. – 191 с.
3. Босой Е. С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов И. И. – М.: Машиностроение, 1977 – 568 с.
4. Васильев В. А. Справочник по органическим удобрениям. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
5. Вітвицький П. Добриво вирощують на полі / Вітвицький П. // Агро-світ України № 3 – 4. 2000. – С. 10 – 11.
6. Вітвицький П. А. Сидерати: добрива, корми з досвіду використання сидеральних добрив в господарствах Житомирщини / Вітвицький П. А. – Житомир, 1997. – 23 с.
7. Вильямс В. Р. О системе обработки почвы / Вильямс В. Р. – // М.: Московский рабочий, 1949. – 54 с.
8. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.
9. Городній М. М. Агроекологія: навч. посібник / Городній М. М., Шикуча М. К., Гудков І. М. – К.: Вища шк., 1993. – 416 с.
10. Дебелый Г. А. Однолетний узколистный люпин на зеленое удобрение / Дебелый Г. А. // Зерновые культуры – 2000 – № 5. С. 19.
11. Довбан К. И. Зеленое удобрение / Довбан К. И. – М.: Агропромиздат. 1990. – 208 с.
12. Довбан К. И. Сидерация в интенсивном земледелии / Довбан К. И. // Обзор инф. / ВНИИ ТЭНагропром – М., 1992 – 68 с.

13. Дубровин В. О. Основи диференціації засобів механізації оранки / Дубровин В. О. – Чернівці, 1996. – 64 с.
14. Дубровин В. О. Механіко-технологічне обґрунтування диференціації засобів механізації оранки // Дис. доктора техн. наук: – Глеваха, 1997 – 310 с.
15. Забаштанский С. А. Двухъярусная вспашка / Забаштанский С. А. // Сахарная свекла. – 1974. - № 7. – с. 34.
16. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (ч. 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту / Заїка П. М. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
17. Зінченко О. І. Рослинництво / Зінченко О. І. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
18. Иванов Н. Я. Механизация полеводства в США / Иванов Н. Я., Шаров Н. М. – М.: Колос, 1973. – 208. с.
19. Кант Г. Зеленое удобрение / Кант Г. – М.: КРОВ, 1982. – 128 с.
20. Карпенко А. Н. Сельскохозяйственные машины / Карпенко А. Н., Халанский В. М. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
21. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Кленин Н. И., Сакун В. А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
22. Комаристов В. Е. Сельскохозяйственные машины / Комаристов В. Е., Дунай Н. Ф. – Изд. 2-е, перераб. и доп. М., “Колос”, 1976. 456 с.
23. Кононенко М. П. Справочник сельского инженера / Кононенко М. П. – К.: “Урожай”, 1979. 184 с.
24. Куценко О. М. Агроекологія / Куценко О. М., Писаренко В. М. – К.: Урожай. 1995. – 256 с.
25. Ленский А. В. Справочник тракториста-машиниста / Ленский А. В., Яскорский Г. В. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 256 с.
26. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины / Летошнев М.Н. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1955. – 764 с.

27. Листопад Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Листопад Г. Е., Демидов Г. К., Зонов Б. Д. и др.; Под общ. ред. Листопада Г. Е. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
28. Михайлова В. Н. Охрана труда в сельском хозяйстве / Михайлова В. Н. – Справочник. М.: Агропромиздат, 1989. – 543 с.
29. Панов И. М. Пути повышения производительности пахотных агрегатов / Панов И. М., Сакун В. А. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1985. – № 7. – С. 21-25.
30. Пильщиков Л. М. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / Пильщиков Л. М. – М.: “Колос”, 1976.
31. Сабликов М. В. Сельскохозяйственные машины. Ч.2. Основы теории технологического расчета / Сабликов М. В. – М., Колос, 1968. 296 с.
32. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Синеоков Г.Н., Панов И.М. – М., Машиностроение, 1977.
33. Таймонов А. М. Заделка сидератов в почву / Таймонов А. М. // Земледелие. – 1992. – № 3 – С. – 64.
34. Тужилин В.М. Подбор сидеральных культур и особенности их возделывания / Тужилин В.М. – Земледелие N 1. 1991. – С. 65-66.
35. Турбин Б. Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет / Турбин Б. Г., Лурье А. Б. – Ленинград.: Машиностроение, 1967 – 584 с.
36. Хорошилов А. Д. Корпуса глубокопахотных плугов. Почвообрабатывающие машины / Хорошилов А. Д. – М. – Л., 1940. - № 3. – 73 с.
37. Чикаликин Г. М. Трех- и двухъярусная система обработки почвы / Чикаликин Г. М. // Советская агрономия, – 1952. – № 3. – С. 5-9.
38. Ягодин Б. А. Агрохимия / Ягодин Б. А., Смирнов П. М., Петербургский А. В. – М.: Агропромиздат, 1989. – 636 с.
39. Авакян С. П., Оптимизация параметров дисков почвообрабатывающих машин / Авакян С. П. Григорян А. Ш. / Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1974, – № 5. – С. 47-48.

40. Тищенко С. С. Проектирование культурного корпуса плуга на основе обобщенной геометрической модели адаптивной поверхности / Тищенко С. С. / Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2003. – Вип. 10. – С. 123-128.

41. Нагорный Н. Н. Технологии и технические средства почвозащитного контурного земледелия / Нагорный Н. Н. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.

42. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін.; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.

43. Синеоков Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков. – М.: Машиностроение. – 1965. – 310с.

44. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Поліссі України. К.: КМ України, НАУ. – 2004. – Т. 2. – С. 255-303, 831-848.

45. Дубровін В. О. Основи диференціації засобів механізації оранки / Дубровін В. О. – Київ: НАУ, 1996. – 64 с.

46. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / Гуков Я. С. – Київ: Нора-принт, 1999. – 279 с.

47. Горячкін В. П. Собрание сочинений / Горячкін В. П. – Т.2. – М.: Колос, 1968. – 455 с.

48. Пастухов В. И. Качества механизированных технологических операций и биопотенциала полевых культур / Пастухов В. И. – Харьков, 2002. – 124 с.

49. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Синеоков Г. Н., Панов И. М. – М.: Машиностроение, 1977. – 388 с.

50. Иванишин В. В. Роль лизинга в обеспечении сельскохозяйственных предприятий средствами механизации / Иванишин В. В. – К.: ИАЕ УААН, 2003. – 294 с.

51. Кушнарєв А. С. Механико-технологические основы обработки почвы / Кушнарєв А. С., Кочев В. И. – К.: Урожай, 1989. – 140 с.

52. Осауленко О. Г. Статистический ежегодник Украины за 1998 / Осауленко О. Г. – Киев: Техника, 1999. – 576 с.
53. Кравчук В. В. Новое столетие с новой технической политикой. Техника АПК / Кравчук В. В. – 2000. – № 10. – С. 7-8.
54. Погорілий Л., Перспективні конструкції ґрунтообробних машин / Погорілий Л., Лінник М., Дубровін В., Нагорний М. // Сільськогосподарська техніка України, 1998. – №2. – С. 6-12.
55. Нагорний М. Н. Вирівнювачі ґрунту / Нагорний М. Н., Левчук М. С., Дубровін В. О. / Механізація сільського господарства. – 1983. – №2. – С. 12-13.
56. Гуков Я. С., Способи обробітку ґрунту: їх ефективність та перспектива / Гуков Я. С., Могілевський М. П., Тарарико О. Г. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Київ: Урожай, № 1992, № 75. – С. 51-55.
57. Гуков Я. С. Проблеми обробітку ґрунту і шляхи їх розв'язання / Гуков Я. С. – Ж.: Вісник аграрної науки, № 1, 1996. – С. 28-30.
58. Нагорний М. Н. Начіпний ярусний плуг / Нагорний М. Н., Дубровін В. О. // Механізація сільського господарства. – 1985. – №1. – С. 14-15.
59. Дубровін В. Застосування ґрунтообробної техніки в умовах недостатнього зволоження ґрунту / Дубровін В., Мороз А. // Техніка АПК. – № 11-12. – 2000. – С. 18-20.
60. Корабельский В. И. Конструирование рабочих органов сложной геометрической формы методом конкурирующих поверхностей с учетом реального диапазона агротехнических требований / Корабельский В. И., Павлов А. В. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1973. – Вып. 2. – С. 72-75.
61. Dubrowin W.A. Narzedzia do podstawowej uprawy gleby dla warunkow Ukrainy / Dubrowin W.A., Gukow J.S., Kaminski J.R. // Technika rolnicza. – 2001. – N 1. – S. 24-26.
62. Войтюк Д. Г. Системний аналіз при вирішенні технологічної задачі виробництва сільськогосподарської продукції / Войтюк Д. Г.,

Крижачківський М. Л., Шевченко І. А., Дубровін В. О. // Зб.наук.праць НАУ. – К.: НАУ, 2002. – №11. – С.159-162.

63. Камінський Я. Р., Аналіз механізованих технологій вирощування ріпаку / Камінський Я. Р., Дубровін В. О., Бабій В. П., Мироненко В. Г., Ботвиновський В. В., Мороз А. І. // Науковий вісник НАУ, №60. – К.: НАУ, 2003 – С. 177-180.

64. Дубровин В.А. Перспективы дифференциации основной обработки почвы / Дубровин В.А., Левчук Н.С. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – №2. – С. 32-34.

65. Дубровин В. О. Фізичні рівняння формалізації ґрунту / Дубровин В. О., Ковбаса В. П. // Зб.наук.праць НАУ. – К.: НАУ, 2003. – №60. – С.172-176.

66. Камінський Я. Р. Аналіз механізованих технологій вирощування ріпаку / Камінський Я. Р., Дубровін В. О., Бабій В. П. // Зб.наук.праць НАУ. – К.: НАУ, 2003. – №60. – С.177-179.

67. Дубровин В. А. Развитие рынка аграрной техники Украины / Дубровин В. А., Мироненко В. Г., Мороз А. И. // Зб.наук.праць ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 10. – С. 50-61.

68. Скоробогатов Д. В. Сидерація – ефективний засіб підвищення родючості ґрунту / Д. В. Скоробогатов, І. М. Бендера, В. В. Скоробогатов // Збірник наукових праць Подільська державна аграрно-технічна академія, 2002. – № 10. С. 232 – 235.

69. Дубровін В. О. Диференціація технічних засобів для загортання сидеральних культур у ґрунт / В. О. Дубровін, А. І. Мороз, В. В. Ботвиновський, Д. С. Сушко, Д. В. Скоробогатов // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. – 2003. – № 15. – С. 20–26.

70. Дубровін В. О. До обґрунтування засобів механізації вирощування сидеральних культур / В. О. Дубровін, В. П. Бабій, С. М. Бондар, Д. В. Скоробогатов // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2003. – Вип. 10. – С. 62 – 68.



71. Мельник І. І. Ефективність технологій збирання не зернової частини врожаю сільськогосподарських культур / І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, Д. В. Скоробогатов // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2004. – № 73. Частина 1. С. 234 – 240.

72. Дубровін В. О. Особливості основної обробки ґрунту при вирощуванні кукурудзи / В. О. Дубровін, Д. С. Сушко, Д. В. Скоробогатов, М. І. Ролдугін, Б. А. Волик // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2004. – № 73. Частина 2. С. 55 – 59.

73. Дубровін В. О. Обґрунтування діаметра дисків подрібнювача стебел сидеральних культур / В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, Д. В. Скоробогатов // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2007. – № 117. – С. 388 – 392.

74. Скоробогатов Д. В. Обґрунтування параметрів дискового подрібнювача скобінованого з плугом / Д. В. Скоробогатов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Харків, 2007. – № 59. – С. 103 – 109.

75. Скоробогатов Д. В. Експериментальні дослідження плуга за дисковим подрібнювачем / Д. В. Скоробогатов, Г. А. Голуб, С. С. Тищенко, В. О. Дубровін // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2008. – № 125. – С. 304 – 315.

76. Скоробогатов Д. В. Експериментальні дослідження технологічних параметрів плуга з дисковим подрібнювачем / Д. В. Скоробогатов // Збірник наукових праць Подільський державний аграрно-технічний університет, 2008. – № 16. С. 462 – 466.

77. Дубровин В. Экспериментальные исследования агротехнических показателей работы плуга с дисковым измельчителем / В. Дубровин, Д. Скоробогатов // MOTROL: International journal on operation of farm and agri-food industry machinery. – 2014. – Vol. 16, N3. – P. 229 – 236.

78. Медведев В. В. Методология оптимизации взаимодействий в системе "Сельскохозяйственная машина-почва-растение" / Медведев В. В.,

Слободюк П. И. // В сб. "Изменение физико-механических и технологических свойств почв в результате механического воздействия мобильных технических средств на почву на примере Западного региона СССР", г. Таллин, 1982, С. 7-9.

79. Мельник І. І. Хронографічні дослідження механізованих процесів основного обробітку ґрунту / Мельник І. І., Шостак А. В., Бондар С. М., Мороз А. І. // Сб. науч. трудов. Вып. 2. – Керчь: КМТИ, 2001. – С. 85-90.

80. Медведев В. В. Рабочий орган для предпосевной обработки почвы в подсеменном слое почвы / Медведев В. В., Слободюк П. И., Пащенко В. Ф. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1986, №5. – С. 20-22.

81. Медведев В. В. Комбинированная машина для оптимизации структурного состава посевного слоя почвы и посева / Медведев В. В., Воронина Н. Д., Слободюк П. И., Пащенко В. Ф. // Сб. научных трудов "Ресурсосберегающие системы обработки почвы. ВО "Агропромиздат", М., 1990. – С. 38-44.

82. Медведев В. В. Проблемы воздействия движителей на почву и эффективное направление её решения / Медведев В. В., Русанов В. А. // Тракторы и с.-х. машины. – № 5-6. – 1994. – С. 12-15.

83. Лінник М. К. Напрями технічної політики в с.-г. виробництві та шляхи їх вирішення / Лінник М. К. // Науковий збірник НАУ. – № 3, 9, К. 1998.

84. Лінник М. К. В. І. Сільськогосподарська техніка: сьогодні, завтра / Лінник М. К., Шпак В. Ф., Кравчук В. І. // Техніка АПК № 3, 1998.

85. Лінник М. К. Проблеми енергозбереження для механізованого обробітку ґрунту / Лінник М. К., Гуков Я. С. // Вісник аграрної науки. – №1. – 1999.

86. Ройтберг В. И. Комплексность и универсальность машин / Ройтберг В. И., Ройтберг Л. И. // Техніка АПК. – № 6. – 2000.

87. Лінник М. К. Перспективи розвитку ресурсозберігаючої техніки для обробітку ґрунту / Лінник М. К., Левчук М. С. // Міжвідомчий тематичний

науковий збірник “Механізація та електрифікація сільського господарства”, вип. 83, К. 2000.

88. Соломаха Г. Н. Мы создаем плуги / Соломаха Г. Н. // Техніка АПК. – № 6. – 2000.

89. Білоткач М. П. Комбіновані ґрунтообробно-посівні машини / Білоткач М. П., Білоткач О. М., Ковальов В. Я., Мороз А. І. // Науковий вісник НАУ, № 73. – Част. 1. – К.: НАУ, 2004 – С. 260-265.

90. Орманджи К. С. Правила производства механизированных работ под пропашные культуры / Орманджи К. С. // Пособие для бригадиров и звеньевых. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 303 с.

91. Ясенецкий В. А. Новая сельскохозяйственная техника / Ясенецкий В. А., Кулиш В. С., Мечта Н. П. // – К.: Урожай, 1991.

92. Мельник И. И. Разработка методических основ выбора рациональных комплексов почвообрабатывающих машин для условий Полесья Украины / Мельник И. И., Дубровин В. А., Бондарь С. М. // Сб. науч. трудов ТГАТА. – Мелитополь: ТГАТА, 2001. – Том 22.- С.32-41.

93. Ковтун Ю. И. Инженерная агрономия / Ковтун Ю. И. // – К.: Урожай, 1988. – 152 с.

94. Кашаев Б. А., Тенденции развития технологий и средств механизации обработки почвы / Кашаев Б. А., Сизов О. А., Бурченко П. Н. // – М.: ВНИИТЭИагропром, 1988.

95. Белов Г. Д. Комбинированные машины и агрегаты для возделывания сельскохозяйственных культур / Белов Г. Д., Дьяченко В. А. // – Мн.: Ураджай, 1980. – 200 с.

96. Ревякин Е. Л. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы / Ревякин Е. Л. // – М.: Колос, 1981. – 314 с.

97. Мазлумов М. К. Современные комбинированные почвообрабатывающие машины (обзорная информация) / Мазлумов М. К., Сердечный А. Н. // Труды ВИМ. Т-94. М.: 1981. – с. 9-21.

98. Бузенков Г. М. Проблема комбинированных машин и орудий / Бурченко П. М., Кабаков Н. С., Портнов М. Н. // Вестник с. х. Науки, 1974. – № 10 – С. 21-32.

99. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений., под руководством академика ВАСХНИЛ Г. Я. Лозы. – М: “Колос” 1980, 112 с.

100. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Інформаційно-аналітичний збірник (випуск 5) / За ред. П. Т. Саблука та ін. – К.: ІАЕ УААН, 2002р. – 647 с.

101. Матяшин Ю. М. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин / Матяшин Ю. М., Гринчук Н. М., Егоров Г. М. // – М.: Агропромиздат, 1988. – 178 с.

102. Василенко П. М., Бабій П. Т. – Культиватори (конструкція, теорія і розрахунок) / Василенко П. М., Бабій П. Т. // – К.: УА СГН. 1961. – 240 с.

103. Кленин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Кленин Н. И., Сакун В. А. // – М. : Колос, 1980. - 671 с.

104. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. / Под ред. Листопада Г.Е. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

105. Патент на винахід N 60774 Україна, МПК А01В13/14. Ярусний плуг / Скоробогатов Д. В. , Дубровін В. О. , Бендера І. М., Скоробогатов В. В., Овчарук В. В., Жмурко В. В., Сушко Д. С.; заявник і патентовласник Національний аграрний університет. – № 2003021489; заявл. 20.02.2003; опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10.

106. Патент на винахід N 60809 Україна, МПК А01В13/14. Ярусний плуг / Скоробогатов Д. В. , Дубровін В. О. , Бендера І. М., Скоробогатов В. В., Овчарук В. В., Жмурко В. В., Сушко Д. С.; заявник і патентовласник Національний аграрний університет. – № 2003021593; заявл. 24.02.2003; опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10.

107. Патент на винахід N 62259 Україна, МПК А01В13/14. Ярусний плуг / Скоробогатов Д. В. , Дубровін В. О. , Бендера І. М., Скоробогатов В. В., Овчарук В. В., Жмурко В. В., Сушко Д. С.; заявник і патентовласник Подільська державна аграрно-технічна академія. – № 2003021339; заявл. 14.02.2003; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

108. Патент на винахід N 62260 Україна, МПК А01В13/14. Ярусний плуг комбінований / Скоробогатов Д. В. , Дубровін В. О. , Бендера І. М., Скоробогатов В. В., Овчарук В. В., Жмурко В. В., Сушко Д. С.; заявник і патентовласник Подільська державна аграрно-технічна академія. – № 2003021340; заявл. 14.02.2003; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

109. Патент на винахід N 62260 Україна, МПК А01В13/14. Ярусний плуг комбінований / Скоробогатов Д. В. , Дубровін В. О. , Бендера І. М., Скоробогатов В. В., Овчарук В. В., Жмурко В. В., Сушко Д. С.; заявник і патентовласник Подільська державна аграрно-технічна академія. – № 2003021340; заявл. 14.02.2003; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

110. Патент на корисну модель N 31571 Україна, МПК А01В21/08. Дискове ґрунтообробне знаряддя / Насонов В. А. , Понамар Ю. В., Датко В. Д., Понамар М. Ю., Корнюшен В. М., Сідий М. О.; заявник і патентовласник Насонов В. А. , Понамар Ю. В., Датко В. Д., Понамар М. Ю., Корнюшен В. М., Сідий М. О. – № u200714664; заявл. 25.12.2007; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 7.

111. Бурченко П. Н. К расчету развертывающейся лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга / Бурченко П. Н. // Параметры перспективных почвообрабатывающих рабочих органов // Труды ВИМ. – М. 1981. Т.50, – 200 с.

112. Войтюк Д. Г. Конструювання поверхні за розрахунковою траєкторією руху матеріальної частини по ній / Войтюк Д. Г., Пилипака С. Ф. // Науковий вісник Національного агроуніверситету. – К. 2002 Вип. 49, С. 68–74.

113. Ветохин В.И. К теории почвообрабатывающего клина / В.И. Ветохин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосп. машин: Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техніч. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2011. - Вип. 41, Ч.1 – С. 301-308.

114. Трухина В. Д. Применение вычислительной техники при проектировании лемешно-отвальных поверхностей / Трухина В. Д. // – Барнаул. 1989 – 82 с.

115. Бурлака О. А. Спосіб визначення траєкторії руху робочого органу просапного культиватора за допомогою “імітатора поверхні поля” / Бурлака О. А., Слинько О. П. // Підвищення надійності відновлюваних деталей машин, випуск 8. Харків, 2001.

116. Слинько О. П. Дослідження роторних робочих органів культиватору / Слинько О. П., Кривошия М. О., Левчук М. С. // – Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ. – 2004. вип. 73. – С. 287 – 297.

117. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И.И. // Учеб. Для втузов. – 4-е изд., пере раб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1988. – 640 с.

118. Гудков А. Н. Теоретические основы построения рабочих процессов сельскохозяйственных машин с учетом характера живой материи растений, животных, почвы / Гудков А. Н. // Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1966. – Т9. – С.86 - 97.

119. Зеленин А. Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / Зеленин А. Н. // М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.

120. Гурченко О. П. Для збирання кормових буряків / Гурченко О. П., Барановський В. М. // – Механізація сільського господарства, 1988. – № 9.– С. 34.

121. Дубровский А. А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. - М.: Машиностроение, 1968. -200 с.

122. Кухарець С. М., Шелудченко Б. А., Забродський П. М. Кінематична модель ротатійного ґрунтообробного знаряддя / Кухарець С. М., Шелудченко Б. А., Забродський П. М. // Вісник Державного агроєкологічного університету. – Житомир, 2002. – №1. – С. 133-137.

123. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Висшая школа, 1982. – 224 с.
124. Оптимизация рабочих процессов и параметров строительных и мелиоративных машин: Учеб. пособие / Э. А. Сухарев, С. Ф. Медвидь. – К.: УМК ВО, 1992. – 92 с.
125. Шелудченко Б. А. Агромеханіка ґрунтів. – Житомир, Полісся, 1992. – 249 с.
126. Бахтин П. У. Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. – М. «Колос», 1969. – 271 с.
127. Мороз А. І. Динаміка руху ґрунту поверхнею долота / Мороз А. І. // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2006. – № 95. – Част. 2. – С. 342-347.
128. Бойко И. И. Значение рельефа в агротехнике и трактороиспользовании. М. Сельхозгиз. –1938. –83 с.
129. Гордієнко В. П., Малієнко А. М., Грабак Н. Х. Прогресивні системи обробітку ґрунту / Гордієнко В. П., Малієнко А. М., Грабак Н. Х. // Симферополь. –1998. –280 с.
130. Долгов С. И. Оценочные шкалы крошения и глыбистости пашни при вспашке плугом с предплужниками. Агрофизические методы исследования почв. М., «Наука», 1966, с. 195.
131. Качинский Н. А. Оценка почв по механическому составу. Почвоведение. –1958, № 5.
132. Кузьмичев В. П. Природно-экономическое (сельскохозяйственное) районирование Украины для целей бонитировки почв. Природные и трудовые ресурсы Левобережной Украины и их использование. – М., Недра, 1972, т. 13, С. 11-15.
133. Медведев В. В. и др. ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву.

134. Медведєв В. В. Оцінка втрат урожаю с.-г. культур в Україні від переуцільнення ґрунтів / Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Ліндіна Т. Є. // Вісник аграрної науки, 2002, №3, с. 53-59.

135. Попов В. П. Физико-географическое районирование Украинской ССР / Попов В. П., Маринич А. М., Ланько Л. И. // – К., 1968, С. 139-563.

136. Пронин А. Ф. Составление карт удельных сопротивлений почв и их использование в сельском и лесном хозяйствах. Научн. тр. Моск. лесотехнич. ин-та, 1974, вып. 52, С. 5-6.

137. Русанов В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. Москва, ВИМ, 1998, 368 с.

138. Сайко В. Ф. і інші. Вилучення з інтенсивного обробітку малопродуктивних земель та їх раціональне використання. Методичні рекомендації. Київ. Аграрна наука. –2000, 38 с.

139. Фоменко М., Нагирный Ю. Влияние характеристик обрабатываемого участка на производительность широкозахватных агрегатов / Фоменко М., Нагирный Ю. // Научн. тр. Львовского СХИ, 1977, т. 72, С. 18-22.

140. Фридланд В. М. Центральная лесостепная и степная области. Почвенно-географическое районирование СССР. – М. Изд-во АН СССР, -1962, с. 186-257.

141. Бауков А. В. Поперечный профиль рыхлительного рабочего органа и процесс трещинообразования / Бауков А. В., Кушнарєв А. С. // Почвообрабатывающие и посевные машины /Труды МИМСХ. –Мелитополь. 1967. – Т.V. – Вып.ІІІ. – С.22-34.

142. Савелов А. А. Плоские кривые. – М.: Физматгиз. 1960. – 293 с.

143. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. – Днепропетровск:ДГАУ. 1999. – 140 с.

144. Кушнарєв А. С. Некоторые закономерности деформации почвы / Кушнарєв А. С., Бауков А. В. // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов / Труды ЧИМСЭСХ.-Челябинск.1970. Кушнарєв А. С., Бауков А. В. Вып. 33. Кушнарєв А. С., Бауков А. В. С. 44-49.



145. Воронков И. М. Курс теоретической механики. – М.: ГТТИ.1954. – 552с.
146. Бурченко П.Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения. – М.: ВИМ, 2002. – 211с.
147. В. Погорілий, Перспективні знаряддя для обробітку ґрунту, посіву та догляду за рослинами / В. Погорілий, Л. Шустік // Техніка АПК. – 2002. – № 1-2. – С. 19-20.
148. Жучкин Н. В. Методика проектирования цилиндрических отвалов. // Теорит. конструкция и производство с.-х. машин. – М.: Машгиз. 1936. – Т. 4. – С. 63-94.
149. Гачев Л. В. Теория лемешно-отвальной поверхности. –Зерноград. 1961. – 317 с.
150. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т. 2. – М.: Машгиз. – 1967. – 270 с.
151. Хорошилов А. Д. Корпусы плугов. – М.: Машгиз. – 1949. – 200 с.
152. Дингельдей Ф. Сборник упражнений и практических задач по интегральному исчислению. – М.: ГТТИ. – 1932. – 398 с.
153. Бюшгенс С. С. Дифференциальная геометрия. – М.: ГТТИ. – 1940. – 294 с.
154. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. – М.: Наука. – 1977. – 222 с.
155. Авакян С.П. Оптимизация параметров дисков почвообрабатывающих машин / Авакян С. П., Григорян А. Ш. // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1974, – № 5. – С. 47-48.
156. Хвыля К. С. Исследование работы предплужника // Сельхозмашина. 1949. – № 4. – С. 2-7.
157. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Поліссі України. К.: КМ України, НАУ. – 2004.- Т.2.- С. 255-303, 831-848.

158. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В. В. Адамчук, Г. Л. Баранов, В. А. Дубровін та інші / За ред. В. І.Кравчука, М. І.Грицишина, С. М.Ковалюка. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.

159. Справочник по машинам и орудиям для растениеводства / П. М. Заика, Ю. А. Манчинский, И. В. Морозов и др.; Под ред. П. М. Заики. – Харьков: Прапор, 1982. – 144 с.

160. Іванюта М. В. Перспективи розвитку сучасних комбінованих агрегатів / Іванюта М. В., Дубровін В. О., Мороз А. І. // Науковий вісник НАУ. – К.: НАУ, 2005. – №80. – Част. 1. – С.33-38.

161. Медведев В. В. Механизация возделывания сельскохозяйственных культур и проблема уплотнения почвы / Медведев В. В., Слободюк П. И., Чернова М. С. // Техника в сельском хозяйстве, 1980, N 12, С. 13-15.

**Наукове видання**

**СКОРОБОГАТОВ** Дмитро Валентинович

**ГОЛУБ** Геннадій Анатолійович

**МАРУС** Олег Анатолійович

**СИДЕРАЛЬНІ КУЛЬТУРИ.  
МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ  
ПОДРІБНЕННЯ ТА ЗАГОРТАННЯ**

*Монографія*

Підписано до друку 18.05.16  
Ум. друк. арк. 10,0  
Наклад 300 прим.

Формат 60x84\16  
Обл.-вид.арк. 9,9  
Зам. № 8048

Видавець і виготовлювач Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4097 від 17.06.2011

