



І. О. Лісовий, А. І. Бойко,
О. О. Банний, О. С. Пушка

**ОБҐРУНТУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ОЧИСТКИ СОШНИКА
ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ**

Монографія

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

І. О. Лісовий, А. І. Бойко, О. О. Банний, О. С. Пушка

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ОЧИСТКИ СОШНИКА ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ**

Монографія

ФОП Александрова М.В.

Кіровоград – 2016

УДК 631.331
ББК 40.724
О – 13

Автори:

І. О. Лісовий, кандидат технічних наук
А. І. Бойко, доктор технічних наук
О. О. Банний, кандидат технічних наук
О. С. Пушка, кандидат технічних наук

Рецензенти:

Аніскевич Л. В., доктор технічних наук, професор (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Войтік А.В. кандидат технічних наук, доцент (Уманського національного університету садівництва)

Мироненко В. Г., доктор технічних наук, професор (Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”)

Сидорчук О. В., доктор технічних наук, професор (Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”)

Рекомендовано до друку: Вченою радою Уманського національного університету садівництва, (протокол № 6 від 9 липня 2015 року)

Вченої ради Національний університет біоресурсів і природокористування України (протокол № 7 від 23 грудня 2015 року)

Лісовий І. О.

Обґрунтування параметрів робочих органів очистки сошника для прямої сівби: Монографія / І. О. Лісовий, А. І. Бойко, О. О. Банний, О. С. Пушка. – Кіровоград: ФОП Александрова М.В., 2016. – 160 с.

ISBN 978-966-2466-41-6

У монографії проаналізована можливість розширення застосування технології прямої сівби в умовах України. Для її ефективної реалізації запропоновано використання зубчастого диска-очисника, що попередньо на полі прокладає розрихлену очищену смугу для подальшого виконання процесу сівби.

Дослідженнями встановлені основні кінематичні параметри ефективної роботи диска-очисника, розроблена його математична модель, за допомогою якої виявлені енергетичні показники і показники якості виконання технологічного процесу прямої сівби.

Обґрунтована раціональна форма ріжучого елемента (ножа), що в експериментальній перевірці підтвердила доцільність використання ковзаючого різання рослинних решток.

Запропонована конструкція сошника із зубчастим диском-очисником.

Рекомендується науковцям, аспірантам, студентам та інженерним працівникам.

ISBN 978-966-2466-41-6

УДК 631.331
ББК 40.724

© І.О. Лісовий, © А.І. Бойко, © О.О.Банний, © О.С.Пушка, 2016
© НУБіП України, ©УНУС 2016

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ СОШНИКІВ ПРЯМОЇ СІВБИ.....	6
1.1. Технологія прямої сівби та створення оптимальних умов для життя рослин.....	6
1.2 Класифікація та аналіз конструкцій сошників для прямої сівби.....	12
1.3 Аналіз робіт, присвячених взаємодії робочих органів із ґрунтом при його поверхневому обробітку та прямій сівбі..	35
Висновок.....	41
2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗУБЧАСТОГО ДИСКА-ОЧИСНИКА З ҐРУНТОМ І РОСЛИННИМИ РЕШТКАМИ ПРИ ОЧИЩЕННІ СОШНИКА.....	43
2.1. Системний аналіз особливостей функціонування сошника прямої сівби.....	43
2.2. Аналіз кінематики руху та обґрунтування конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника сошника для прямої сівби.....	46
2.3 Особливості підкопування і видалення рослинних решток із ґрунту.....	58
2.4. Перерізання рослинних решток з обґрунтуванням форми ріжучого елемента.....	65
Висновки.....	77
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	78
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	78
3.2 Методика визначення раціональних конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника.....	79

3.3	Методика визначення коефіцієнтів тертя рослинних решток по поверхням леза ріжучого елемента.....	83
3.4	Методика визначення моменту опору різанню рослинних решток для перевірки ефективної форми ріжучого елемента робочого органу.....	86
3.5	Методика оцінки якості виконання технологічного процесу.....	87
4.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ І ЯКОСТІ ФОРМУВАННЯ БОРОЗНИ ПРИ ПРЯМІЙ СІВБІ.....	92
4.1	Дослідження енергетичних показників і встановлення раціональних параметрів зубчастого робочого органу.....	92
4.2	Енергетика процесу перерізання рослинних решток.....	102
4.3	Дослідження якості сівби та створення передумов прокладання борозни для сошника.....	113
	Висновки.....	122
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	123
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	125
	ДОДАТКИ.....	145

ВСТУП

Посів представляє собою одну з найважливіших операцій в рослинництві. Від якісного і своєчасного його виконання залежить майбутня врожайність сільськогосподарських культур.

Сучасні сівалки по основним своїм характеристикам відповідають вимогам до новітніх технологій проведення сівби. Однак на сьогодні все активніше впроваджуються в практику рослинництва інноваційні методи посіву без попереднього обробітку або з мінімальним попереднім поверхневим обробітком ґрунту. Такий підхід обумовлений насамперед введенням енергоощадних підходів до польових операцій по обробітку ґрунту. Актуальність зниження енерговитрат на виконання сівби не викликає сумніву.

Другим позитивним фактором є реалізація ґрунтофільного підходу до поля, як такої субстанції, що не повинна втрачати своїх властивостей родючості протягом довголітнього ощадного використання.

Приведені аргументи з урахуванням особливостей виконання польових робіт в рослинництві на Україні вимагає наукового пошуку і створення нових робочих органів посівних машин. Вони необхідні для реалізації технологій сівби з мінімальним обробітком ґрунту або взагалі при його відсутності.

Вирішенню цієї проблеми присвячено дане дослідження, метою якого є обґрунтування конструктивного рішення і виявлення раціональних конструктивно-технологічних параметрів зубчастого дискового робочого органу сошника прямого посіву.

1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ СОШНИКІВ ПРЯМОЇ СІВБИ

1.1 Технологія прямої сівби та створення оптимальних умов для життя рослин

Посів у необроблений шар ґрунту застосовувався ще у стародавньому Єгипті, де за допомогою палиці робили ямку, в яку клали насіння і загортали його ногою [1]. Корінні мешканці півдня Бразилії також застосовували пряму сівбу, використовуючи шматки дерева, так звані «саракуа», якими вони закривали ямки в ґрунті при вирощуванні кукурудзи. Аналогічним чином, у Мексиці викопували невеликі ямки, куди поміщали насіння кукурудзи і мертву рибу як добрива для підвищення врожайності [2].

Таким чином, прямий посів зводиться до формування місця укладення насіння, внесення добрив і його загортання у ґрунт при наявності рослинних решток.

Аналіз робіт С. Дж Бейкера, К. Е. Сакстона, А. И. Мордуховича, П. В. Сисоліна, Я. Епперляйна, А. Кассама, Л. Хонгвена та інших [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], які присвячені історії та еволюції розвитку прямої сівби, переконує у її перевагах, а також виявляє недоліки порівняно з іншими способами сівби (табл. 1.1) [11].

Таблиця 1.1

Характеристика технології прямої сівби

Переваги		
Екологічні	Економічні	Агрономічні
1	2	3
- збереження структури ґрунту; - створення сприятливих умов для розвитку фауни (дощових черв'яків, мікроорганізмів та ін.); - забезпечення захисту ґрунту від ерозії завдяки наявності рослинних	- економія палива становить 70-80% [3]; - економія часу на виконання – 1-3, а не 10 технологічних операцій [2, 3]; - підвищення прохідності техніки; - зниження витрат на	- зростання вмісту органічної речовини у ґрунті; - зменшення витрат на добрива; - забезпечення затримання вологи у ґрунті; - краще регулювання температурного

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
решток; - зменшення поверхнево-го стоку та поліпшення фільтрації води; - зниження рівня забруднення стічних вод.	технічні засоби; - зменшення числа працівників.	режиму ґрунту.
Недоліки		
- ймовірність зниження врожайності в перехідний період; - необхідність використання тракторів більшої потужності; - потреба розробки нової техніки для прямого посіву; - зростанням проблем у боротьбі зі шкідниками і хворобами [12].		

Однак світовий досвід розвитку рослинництва засвідчує, що переваги прямої сівби домінують над її недоліками і вона набуває все більшого поширення. Необхідність упровадження прямої сівби обумовлена хоча б тим, що за даними Інституту «Укрземпроект», у період з 1961 по 1981 рік площа еродованих земель в Україні збільшилась на 16,2 % і досягла на кінець зазначеного періоду 9,28 млн. га (додаток А). Науковими дослідженнями і практичним досвідом встановлено, що на еродованих ґрунтах урожай сільськогосподарських культур знижується на 20 - 50% і більше [13, 14].

У цілому сучасна технологія прямої сівби є складним процесом і полягає у таких процесах (рис. 1.1). Поле після збирання врожаю не обробляється плугами чи плоскорізами, культиваторами і боронами. Перед посівом його за один - два проходи обробляють гербіцидами, а потім сівалки, які обладнані спеціальними сошниками, висівають насіння і туки в борозни, що нарізані в ущільненому та насиченому рослинними рештками ґрунті.

Для розвитку і продуктивного росту рослинам потрібні: вода, поживні речовини, повітря, світло і тепло. Вода, поживні речовини, повітря необхідні для створення біомаси, а світло і тепло – для забезпечення процесів життєдіяльності рослинних організмів, внаслідок чого і формується вся біомаса, зокрема продукція (урожай), яка необхідна людям [13, 15].

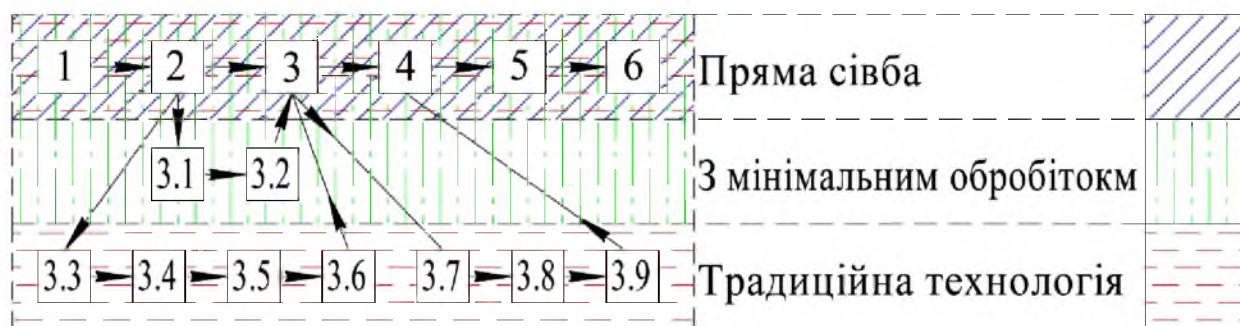


Рис. 1.1 Порівняльна схема технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур [11]

1. Внесення гербіцидів; 2. Внесення мінеральних добрив; 3. Сівба; 3.1. Мульчування, 3.2. Обробіток без перевертання скиби ґрунту; 3.3. Лушення стерні; 3.4. Оранка; 3.5. Боронування; 3.6. Культивація; 3.7. Прикочування посівів; 3.8. Досходове боронування; 3.9. Боронування сходів; 4. Обприскування проти шкідників; 5. Внесення гербіцидів; 6. Збирання

В. Р. Вільямс стверджував, що всі фактори життя рослин абсолютно рівнозначні та незамінні [13, 15]. Частина з них забезпечується роботою одного з робочих органів сівалки – сошником, при проведенні посівних робіт. Сошник забезпечує розміщення насіння на задану глибину, укладання насіння на щільне ложе, його розміщення у вологому шарі ґрунту, забезпечення добрив в період проростання рослини. Загортання насіння на однакову, оптимальну, глибину впливає на появу дружини сходів та доброму розвитку і збереженні озимих зернових культур, саме цим визначається майбутній урожай. За даними академіка відхилення від заданої глибини загортання пшениці від оптимальної на $\pm 2,5$ см знижує урожай на 25-30%.

У роботах [16, 17, 18, 19] зазначається: «Отклонение глубины заделки семян от заданной в пределах ± 2 см приводит к снижению урожайности зерновых культур на 10-12 %...» [16].

«...Різні культури вимагають неоднакової глибини посіву. Чим крупніше насіння, тим глибше його закладають...» [16]. В роботах [20, 21, 22, 23, 24], використовуючи різноманітні культури, отримано масиви різних результатів оптимального розміщення насіння. Наприклад, насіння кукурудзи, гороху, бобів найкраще висівати на глибину 7...10 см, а льону на 1,5 ... 2 см [25].

Шляхом дослідження впливу глибини посіву озимої пшениці [20] встановлено, що для отримання високого урожаю сприятливий проміжок розміщення насіння повинен знаходитися у межах (4...6 см).

Вплив технологічного процесу і параметрів робочих органів посівних машин на урожайність підтверджується результатами наукових досліджень В. П. Горячкіна, П. М. Василенка, Л.В. Погорілого, П. В. Сисоліна, В. А. Белодєдова, І. В. Морозова, М. І. Любушко, Ю. І. Трофимченка, В. Е. Козакова, С. І. Шмата, В. Ф. Голубченка, В. В. Буйнова і та інших науковців [16, 26, 27, 28, 29, 30, 31]. При аналізі продуктивного розміщення насіння були виявлені фактори, що впливають на глибину і якість роботи агрегату [16, 32, 33]. Установлена залежність зміни глибини розміщення насіння від вологості ґрунту, стану поверхні поля, щільності, рельєфу, а також рівня засміченості полів.

Здатність агрегату копіювати рельєф поля залежить від його характеру, особливостей конструкції машини, від стану робочих органів (форма, розміри, гострота ріжучих кромek тощо), установки і регулювання робочого органу.

Таким чином, від ефективної роботи сошника, який повинен забезпечити розташування висіяного насіння на необхідно задану глибину, багато в чому залежить майбутній урожай сільськогосподарських культур. Робота сошника суттєво ускладнюється при відсутності пошарової обробки ґрунту, який становить складну фізико-механічну і біолого-хімічну субстанцію.

Фізико-механічні властивості ґрунту залежать від вологості, стану поверхні поля, щільності, рельєфу та рівня його засміченості. Від густини (шпаруватості) поверхневого шару ґрунту істотно залежить глибина ходу робочих органів при сівбі [31]. Заглиблення дискових сошників у надто розпушеному ґрунті регулюється обмежувачами глибини, або котками, що представлені в роботах [34, 35, 36, 37, 38, 39, 40] (рис. 1.2).

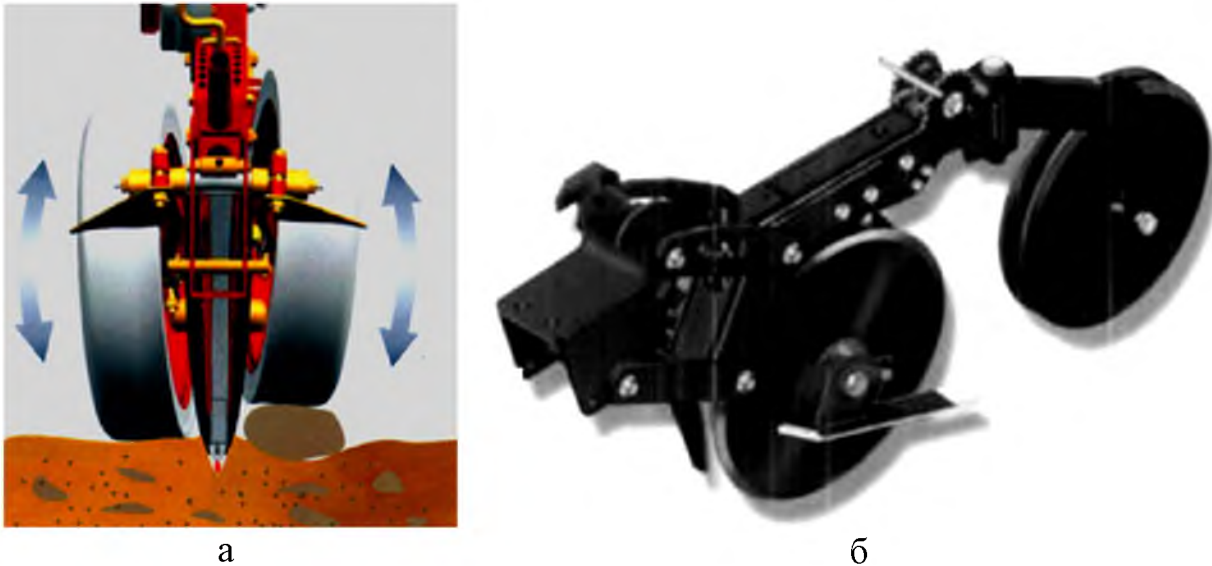


Рис. 1.2 Обмежувачі глибини ходу сошника:

а – сошник фірми «MaterMass» [35];

б – подвійний сошник, запатентований фірмою «Sunflower» [36]

На важких ґрунтах величина коливання сошників по глибині регулюється пружинами, що необхідні для компенсування реакції ґрунту [16]. Щільність ґрунту і ступінь його шпаруватості залежить від типу ґрунту та механічного складу. Навіть у межах незначних площ спостерігається їх велика різноманітність, зокрема за фізико-механічними властивостями ґрунтів [41].

У період сівби твердість ґрунту, за даними Саратовського інституту механізації сільського господарства [23], може змінюватись на глибині 5...10 см від 30 до 88 кН/см² (навесні), і від 0 до 180 кН/см² (восени при сівбі озимих).

Важливо, щоб під час сівби насіння потрапило у вологий шар ґрунту, адже саме вологість є одним із основних технологічних параметрів, який визначає ефективність рослинництва. Дослідженнями впливу чинників на врожайність озимої пшениці [29] встановлено, що насіння необхідно закладати на відповідну глибину з урахуванням вологості ґрунту.

При виборі глибини закладення насіння враховуються кліматичні та часові умови [18]. З урахуванням цих умов при достатній кількості вологи зерно висівають неглибоко, а в засушливих районах, або при запізнюванні його сіють глибше, у вологий шар ґрунту.

Нестача вологи впливає на процеси розвитку рослин, що перевірено дослідниками Е. Вольні, зокрема щодо впливу вологості ґрунту на урожайність озимого жита. Разом з тим перезволоження ґрунту також може призвести до зменшення врожаю, затримки росту рослин, викликати різні захворювання і вимивання поживних речовин з прикореневого шару [42].

Таким чином, сошники сівалок працюють у складних умовах експлуатації – ґрунтах різної щільності, вологості, фракційного складу та інших складових. Виходячи з характеристики технології прямої сівби (табл. 1.1), переконуємося, що саме наявність рослинних решток на поверхні поля в різних фазах їх розкладу забезпечують основу позитивних аспектів процесу розвитку рослини. Але саме наявністю рослинних решток як у вигляді кореневих систем, так і залишків стебел на поверхні поля (додаток Б) ускладнюються умови роботи сошника при виконанні прямої сівби.

Тому маючи на меті створення універсального сошника для прямої сівби розглядаємо сошники та елементи, що спрямовані на прокладання борозни крізь рослинні рештки.

1.2. Класифікація та аналіз конструкцій сошників для прямої сівби

Для підвищення якості виконання технологічного процесу зокрема для виявлення позитивних рішень здійснено класифікацію й аналіз існуючих засобів та елементів для прямої сівби.

Сівалки для прямої сівби за принципом дії на ґрунт діляться на машини **безприводні** і **приводні** [4]. У свою чергу приводні машини по величині оброблюваної ділянки поділяються на: машини з **суцільним** (рис. 1.3), **ланцюговим** (рис. 1.4) і **стрічковим** (рис. 1.5) обробітком ґрунту.

Сошники з активними робочими органами, що суміщають посів з попереднім обробітком ґрунту, розглянуто в працях [1, 4, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49]. Попередній обробіток спрощує проникнення сошника у ґрунт і за принципом його роботи наближаються до традиційної технології сівби. Позитивним в їх роботі – забезпечення якісного закриття насіння пухким ґрунтом.

До недоліків робочих органів слід віднести такі, які виникають при традиційній технології обробітку, а саме порушують капілярну систему, внаслідок чого відбувається деструктуризація ґрунту, підвищується кількість ерозійно небезпечних ґрунтових часток та створюються сприятливі умови для розвитку бур'янів. Ширина оброблюваної зони може змінюватися від смужки до суцільного обробітку, залежно від виду виконуваних робіт та робочих органів.

Процес утворення борозни суттєво залежить від конструкції передньої частини сошника, варіанти яких розглянуто в роботах [27, 50, 51]. За цією ознакою поділяють на: сошники з **тупим кутом входження** у ґрунт (дискові і наральникові, кілеподібні та полозовидні), з **гострим кутом** (анкерні і лапові), з **прямим** (трубчасті та наральникові з ущільнювачами, напрямниками, сепараторами та інші).

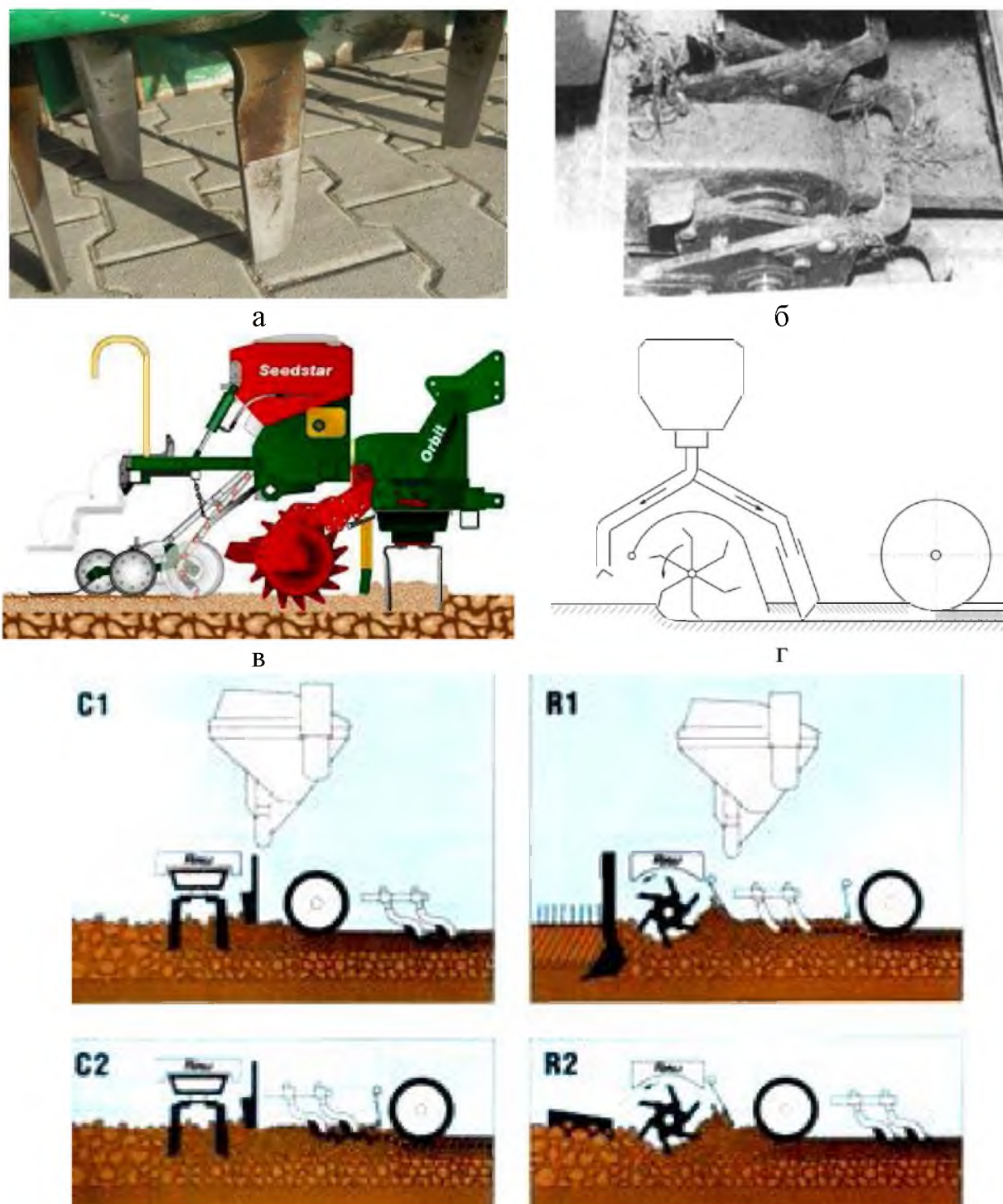


Рис. 1.3 Фрезерні робочі органи сівалок для суцільного передпосівного обробітку ґрунту:

а - активний робочий орган з вертикальною віссю обертання; б - активний робочий орган із горизонтальною віссю обертання зібрано попарно [1]; в - на сівалці Other Seedstar RSM 300; г - сівалка «Rotakaster E-80» з вертикальною віссю обертання [4]; д - технологічні схеми роботи комбінованих агрегатів фірми «Ray» [49]

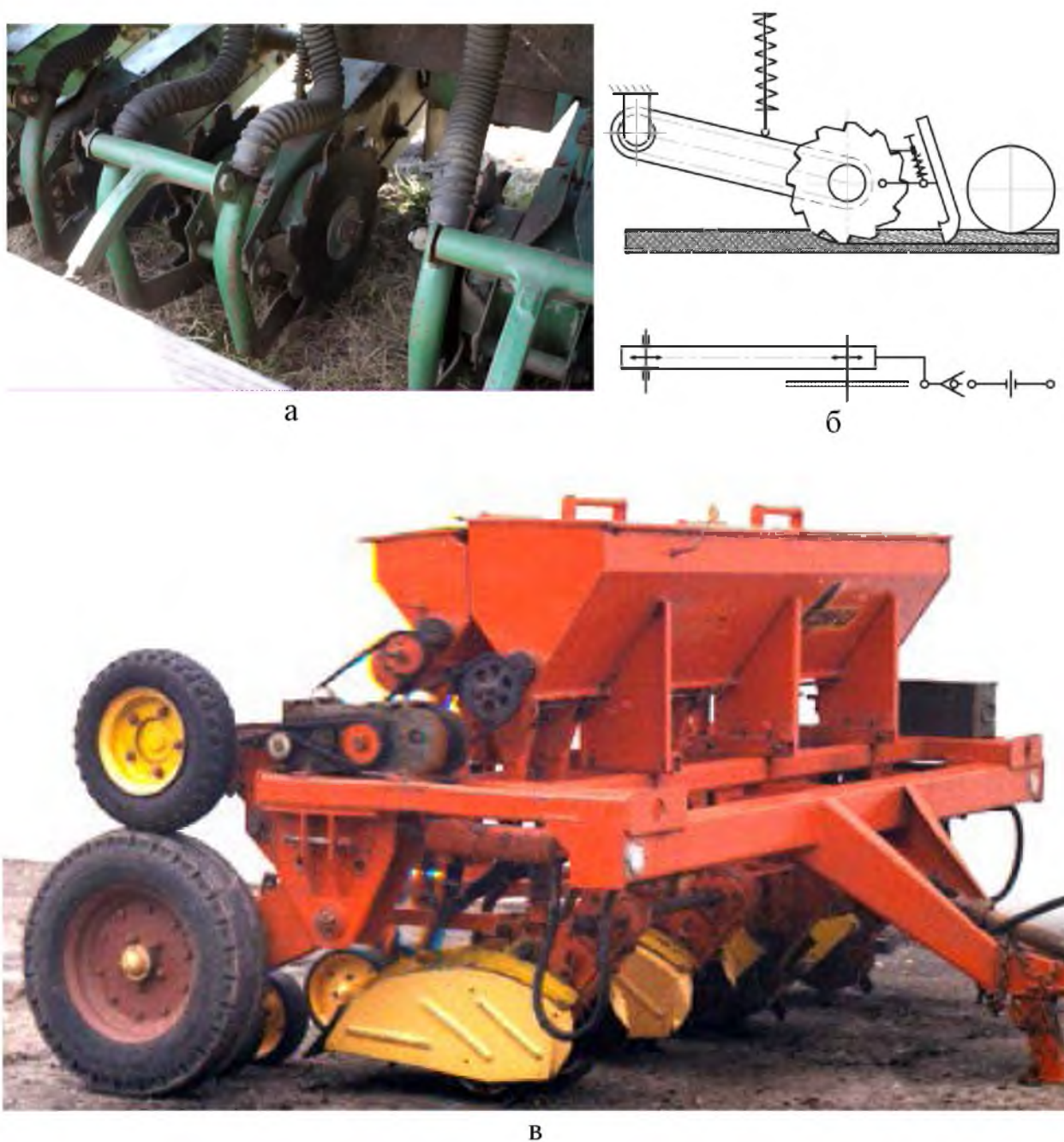


Рис. 1.4 Робочі органи для ланцюгового попереднього обробітку ґрунту:

а, б - робочий орган сівалки «Power-Till-1550» фірми John Deere (США) [4]; в - сівалка дернова СДКП-2,8 [47, 48]



Рис. 1.5 Вузькі смуги ґрунту, обробленого стрічковим робочим органом посівних машин

Також існують сошники з **комбінованим кутом**, у яких верхня і нижня частини наральника мають різний кут входження у ґрунт, наприклад, верхня частина наральника з гострим кутом, а нижня – з тупим, абож навпаки. Це зрівноважує рух сошника у поздовжньо-вертикальній площині, він переміщується більш стійко, а при наявності напрямника і відбивача насіння має покращену рівномірність розподілу насіння у ґрунті. Під час роботи таких сошників верхня частина наральника з гострим кутом відкидає верхній сухий шар ґрунту в боки, а нижня частина наральника формує борозну та ущільнює ложе для насіння [26, 52, 53].

Сошники з гострим кутом входження (анкерні), зрушуючи ґрунт уперед та вбік, утворюють борозну з пухкими нерівними стінками, причому її ширина у верхній частині більша за загальну ширину. Сошники з тупим

кутом входження (кілеподібні) опускають ґрунт дна борозни. Ущільнення дна борозни приводить до підтягування вологи до насіння за рахунок утворення мережі капілярів.

У роботах [1, 54, 55] проведено узагальнення ефективності роботи сошників. Її найважливішим показником пропонується прийняти таку форму висівної борозни, завдяки якій створюється необхідна мікроструктура у ґрунті, що позитивно впливає на розвиток рослин. За утвореною борозною сошники поділяються на: з **V-подібною** (рис. 1.6 а); з **U- подібною** (рис. 1.6 б); з перевернутою **T- подібною** (рис. 1.6 в) та **ударною** (створення отворів та розміщення в них однієї або кількох насінин) і **поверхневий висів** (розподіл насіння по поверхні).

Узагальнення вищезгаданої класифікації сошників для прямого посіву представлено у табл. 1.2.

Найбільшого використання як в Україні, так і за кордоном набули дводискові однорядкові сошники.

З метою покращення прокладання борозни був створений **подвійний сошник зі зміщеним диском**. Конструкції таких сошників висвітлені в наукових працях [52, 56, 57, 58, 59] (рис. 1.7 а, б, в). У такого типу конструкції один із двох дисків розташований під кутом і зміщений вперед для того, щоб ґрунт мав лише один розріз. Другий диск утворює той же кут, але його передня кромка розміщена позаду передньої кромки першого диска. Це дає змогу краще заглиблюватися у ґрунт при менших витратах енергії, зменшити дальність відкидання ґрунту, а також формувати одну борозну, запобігаючи попаданню рослинних решток у міждисківий простір.

Незначну відмінність від цієї конструкції має **дводисковий сошник з дисками різних діаметрів** (рис. 1.7 д, ж, м), призначений для роботи на важких ґрунтах. Із використанням одного із дисків меншого розміру ріжуча кромка другого диска стає переднім краєм усього вузла [52].

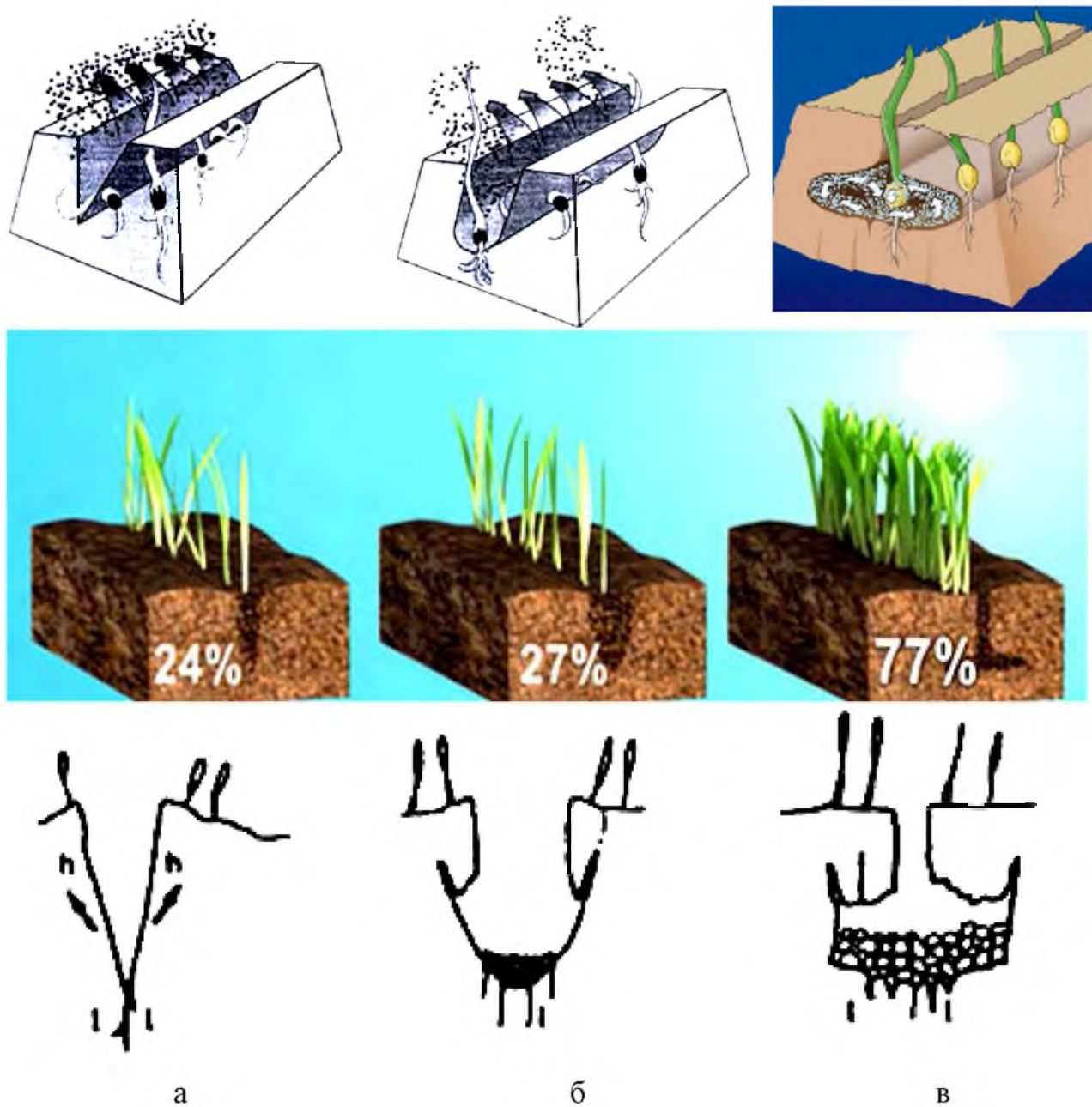


Рис. 1.6 Форми утвореної борозни [1, 54, 55]:

а – з V-подібною; б – з U- подібною; в – з перевернутою Т – подібною

Таблиця 1.2

Класифікація сошників для прямого посіву

Сошники для прямого посіву								
За додаванням зусилля від приводу		Безприводні				З приводом		
За кутом входження у ґрунт		Тупим	Прямим	Гострим	Комбінованим	Суцільним обробітком	Ланцюговим обробітком	Стрічковим обробітком
Розподіл за формою утвореної борозни	V-подібною	Дводискові; Трьохдискові	-	-	Комбіновано- лапові			
	U- подібною	Однодискові	-	-				
		-	Трубчасті	-				
	Перевернутою Т-подібною	-	-	Лапові				
		-	-	-				

Розвиваючи ідею полегшення проникнення сошників у ґрунт, запропоновано встановлювати попереду **дискового сошника додаткові диски** з плоскою чи хвилястою кромкою (рис. 1.8), які розташовуються трохи нижче від основних. Модернізовані конструкції сошників розглянуто в роботах [60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70]. Додаткові диски розпушують та пом'якшують ґрунт, знижують збивання сошників і перерізають рослинні рештки, залишені на полі (рис. 1.8).

Недолік розглянутої групи сошників – прокладання дуже вузької борозни (до 1,8 см), тоді як для нормального розвитку рослин її ширина повинна бути не менше 3...4 см. [4]. Крім того, недостатнє загортання насіння дає можливість доступу до нього птахам і мишам. Стерня та рослинні залишки перешкоджають забезпечення умов для достатнього контакту насіння з ґрунтом у борозні, що приводить до зниження інтенсивності розвитку рослин.

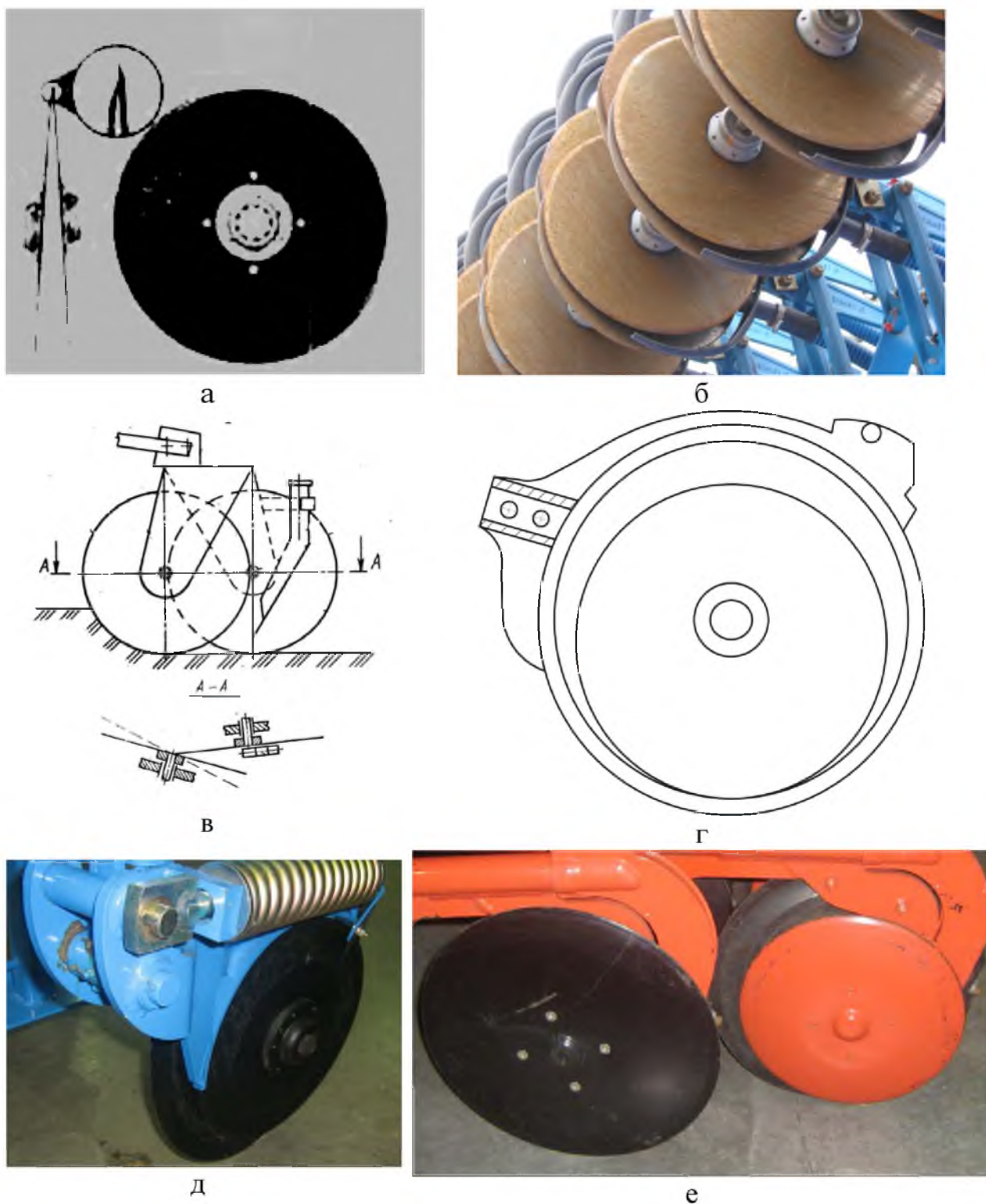


Рис. 1.6 Дводискові сошники:

а, - зі зміщеним розташуванням дисків фірми «Great Plains» [58]; б - зі зміщеним розташуванням дисків; в - зі зміщеним розташуванням дисків [56]; г - з дисками різних діаметрів конструкції В.О. Кириченка; д- з дисками різних діаметрів; е - з дисками різних діаметрів сферичної форми фірми «Accrd»



Рис. 1.8 Сошники з додатковим диском для попередньої підготовки борозни:

а - з плоским диском, б - 10-тої серії фірми «Great Plains»; в - дисковий сошник [62]; г - сошник [70]; д - для внесення добрив з хвилястим дисковим ножем фірми «Massey Ferguson»; е - конструкція хвилястого диска фірми «Jon Deere»

Однак, у супереч зазначеним недолікам дводисковий сошник використовується для більшості конструкцій сівалок, що застосовуються при нульовій технології сівби.

Таким чином, дводискові сошники утворюють борозну з V-подібною формою. Вони при традиційному землеробстві мають багато переваг, а при нульовій технології відзначаються як серйозні недоліки [1].

Для вирішення відмічених проблем на кафедрі сільськогосподарських машин ХНТУСГ ім. Петра Василенка (м. Харків) спільно з ДСКБ з ґрунтообробних і посівних машин (м. Кіровоград) проводились дослідження з удосконалення анкерно-дискових сошників. Особливість конструкції цих сошників полягає в тому, що вони мають диск, який забезпечує передумови проходження сошника. Дводисковий і кілеподібний сошник формує безпосередньо борозну ущільнює ложе та висіває насіння у ґрунт [52].

Дослідження показали, що диски порівняно легко проникають у ґрунт. На основі цього проведені роботи по створенню **одnodискових сошників** [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78].

Диск одnodискового сошника має невеликий нахил (на 5-10 градусів). Насіння подається у воронку, розташовану в зоні, нижчій за рівень ґрунту і зміщеній до задньої стінки диска, де воно захищене від попадання рослинних решток завдяки вибраній орієнтації диска. Розрізняються дві форми одnodискового сошника: із **плоскими** (рис. 1.9) та **сферичними дисками** (рис. 1.10).

Робота всіх одnodискових сошників (плоских або сферичних) багато в чому залежить від швидкості руху сівалки, і це безпосередньо впливає на ширину і форму борозни. Диски, нахилені під кутом, рухаються по прямій і мають особливість, яка полягає в тому, що при збільшенні швидкості збільшується зусилля, яке необхідне для їх проникнення у ґрунт. Але це зусилля може бути відрегульовано додатковою вагою. Навантаження сошників при взаємодії з ґрунтом приводить до їх інтенсивного зношування.

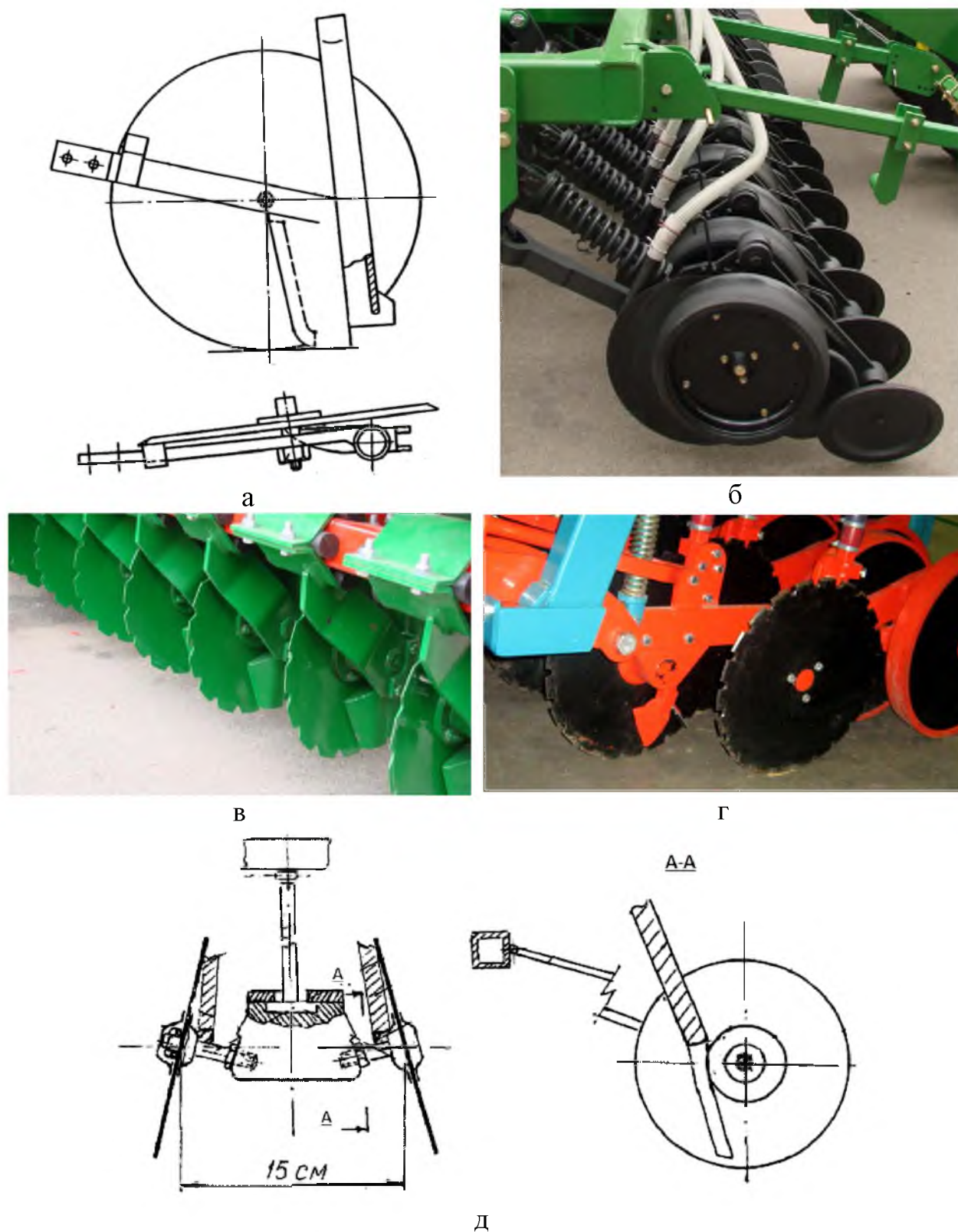


Рис. 1.9 Однодискові сошники з плоскими дисками:

а - комбінований сошник [74]; б - сошник з стабілізуючим катком фірми «Jon Deere»; в - однодискового сошника сівалки «AMBER» фірми «UNIA»; г – сівалки «Sulky MAXDRILL RW 9.00»; д - посівна секція [75]

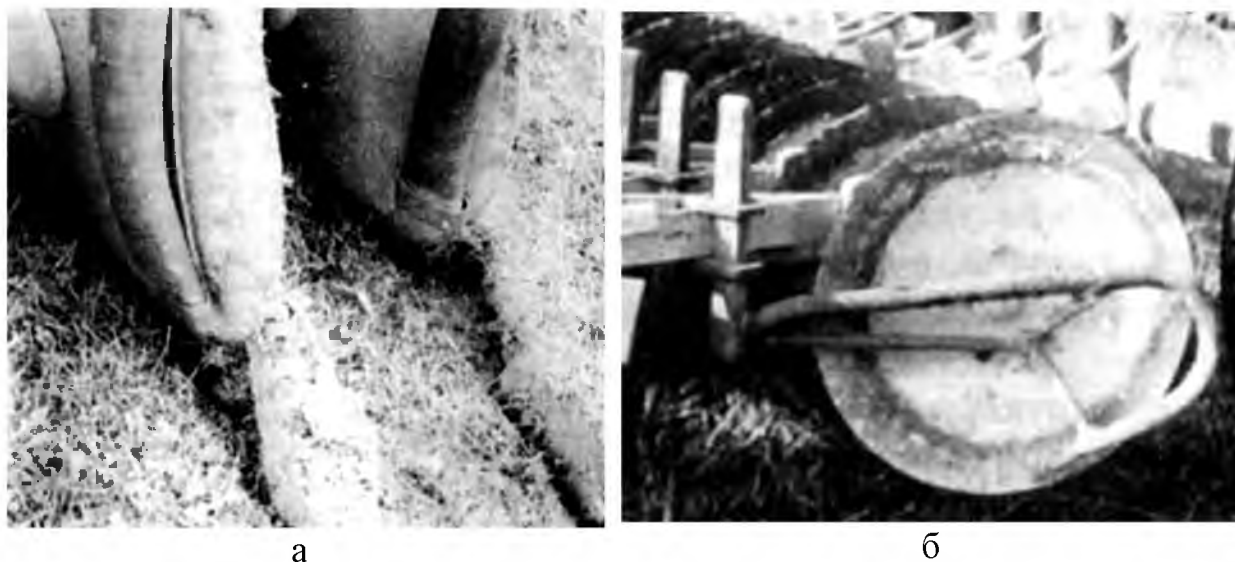


Рис. 1.10 Сошники з сферичними дисками [1]:

а - звичайний; б - з скребком

Найбільшими перевагами всіх однодискових сошників є відносно вільне їх проникнення крізь рослинні рештки і відсутність ущільнення ґрунту як на дні борозни, так і по її боках.

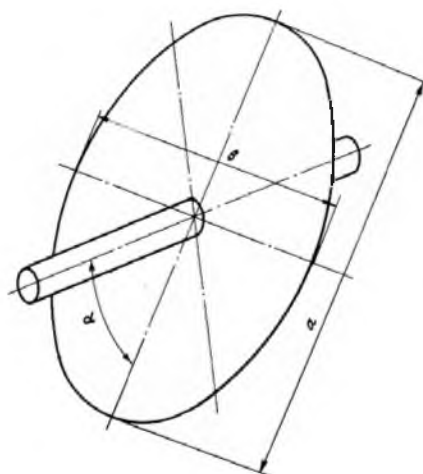
Сферичні диски, що мають увігнуту форму, встановлюються також під деяким кутом до напрямку руху (рис. 1.10). Увігнута форма надає дисковій жорсткості, що уможливорює їх виготовлення з більш тонкої сталі, а це позитивно впливає на проникнення таких дисків у ґрунт.

На рис. 1.10 показаної сферичний диск з невеликим скребком, призначеним для подрібнення ґрунту.

Для покращення роботи ріжучих елементів робочих органів запропоновано різні **форми периферійних ріжучих кромок** [79, 80, 81, 82, 83, 84]. Деякі з них знайшли практичне застосування, представлені на рис. 1.11.



а



б



в



г



д



е

Рис. 1.11 Форми ріжучих кромek на сошниках для прямої сівби:

а - диска сівалки «Gigante 600» фірми «Gaspardo»; б – борозноутворюючий диск сівалки [76]; в - восьми хвилявого дискового ножа фірми «Massey Ferguson»; г - хвилястого диска сівалки «Fastlner 6000» фірми «KUNN»; д - системи «Disc» фірми «Väderstad»; е - хвилястого диска фірми «Giorgi»

За результатами досліджень [52, 85, 86, 87, 88] розроблено **дводискові протиерозійні сошники** (рис. 1.12), особливість яких полягає в тому, що диски розміщені не перпендикулярно до осей обертання. В результаті цього під час роботи вони розподіляють насіння у ґрунті хвилеподібним рядком. Ці сошники можуть застосовуватися на ерозійно небезпечних ґрунтах.

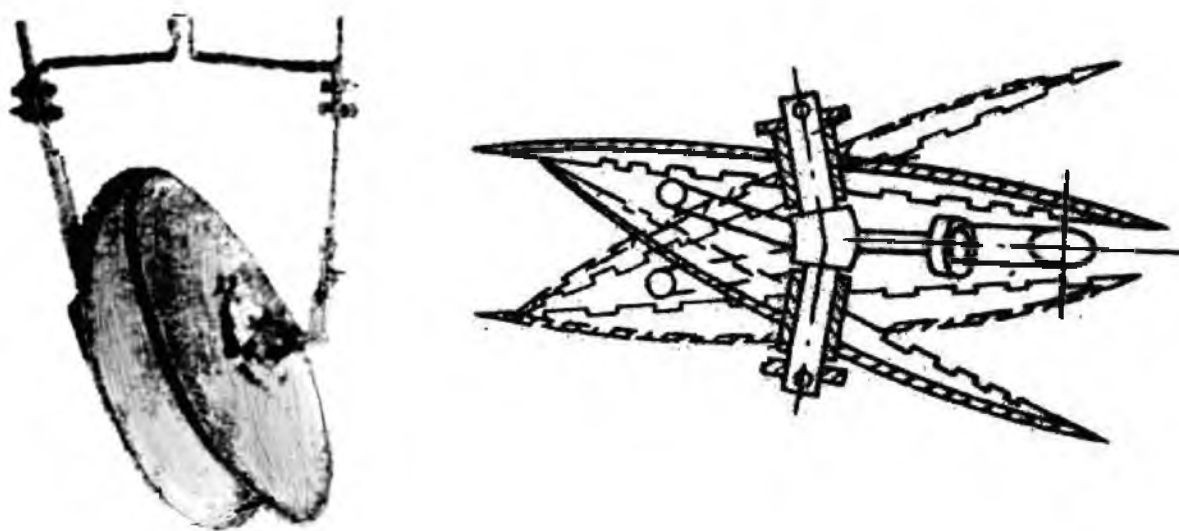


Рис. 1.12 Протиерозійні дводискові сошники [45, 79]

Недоліком розглянутої групи сошників є необхідність створення додаткових зусиль для проникнення їх у ґрунт і залежність цих зусиль від його стану. Ще одним негативним фактором – затягування сошником рослинних решток всередину борозни. Це заважає здійсненню якісного контакту насіння з ґрунтом, особливо на сухих ґрунтах, а на вологих ґрунтах приводить до появи жирових кислот, що згубно впливає на розвиток рослини [2]. Таким чином, сівалки даного типу мають більшу вагу, а також оснащуються спеціальними лотками для встановлення додаткового баласту.

Для того, аби уникнути попадання рослинних решток на дно борозни, застосовуються сошники з **прямим кутом входження** чи майже прямим (рис. 1.13). Під час руху таких сошників наральник деформує, а потім зсуває ґрунт вперед і в боки. В результаті утворюється борозна рихлим дном і стінками.

Після проходу сошників даного типу на поверхні залишаються шматки стерні, бур'янів, які чинять опір ерозії ґрунту. Такі сошники не перемішують шари ґрунту і залишають на поверхні мульчуючий ґрунтозахисний шар.

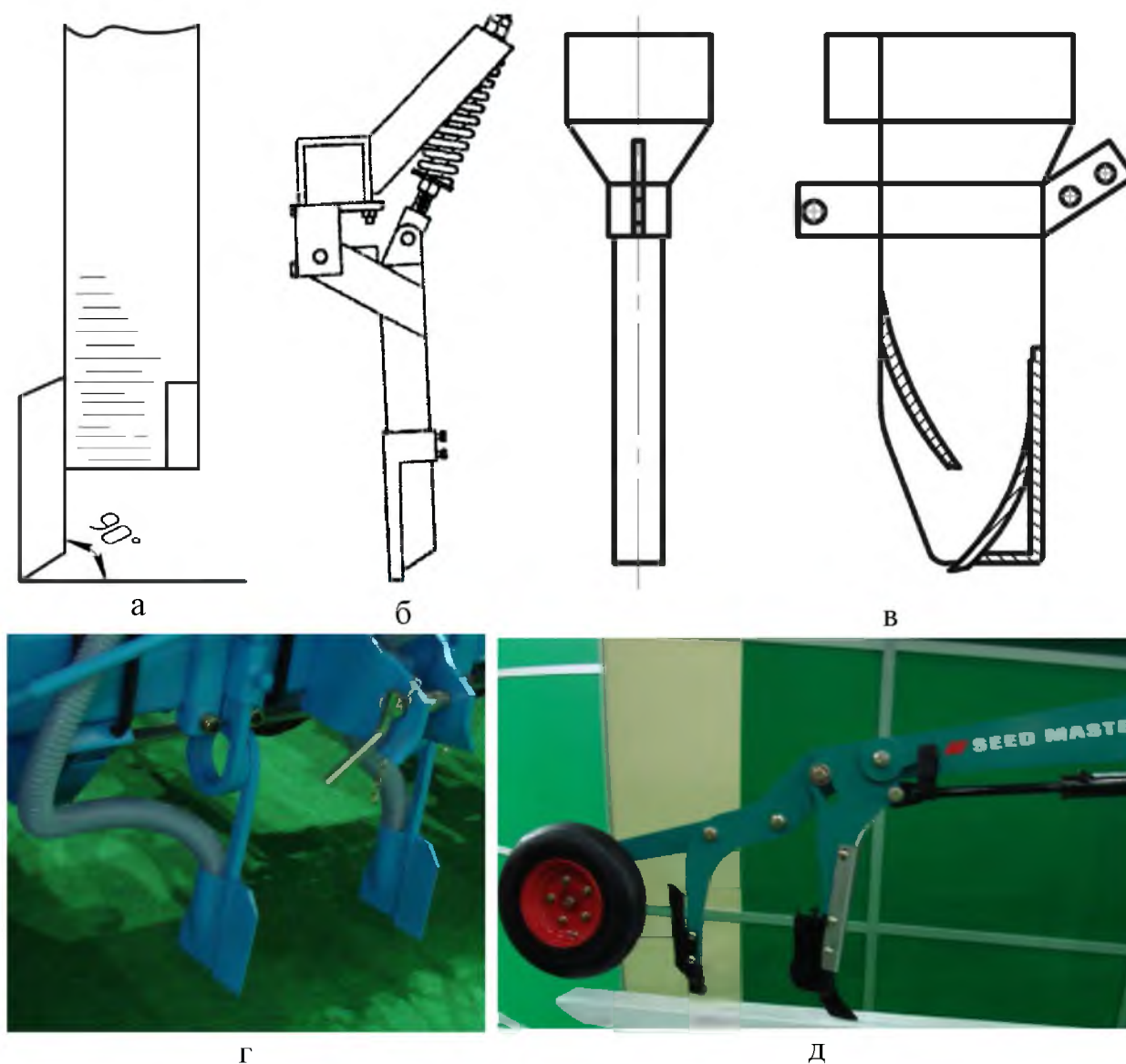


Рис. 1.13 Сошники з прямим кутом входження:

а - трубчастий [50]; б - фірми Edwards [51]; в - наральниковий [52];
 г – туковий сошник фірми «MONOSEM»; д - сошник сівалки «Seed master»
 фірми «Sulky»

Головним недоліком сошників кілевидного типу (рис. 1.14) визначенна висока інтенсивність їх зношування [89], неможливість розподілу добрив і

насіння. Через це протягом свого терміну служби форма сошника приймає декілька різновидів, що призводить до зміни профілю борозни. Звичайно, сошники утворюють U-подібну форму борозни, заглиблюючись у ґрунт і відкидаючи його у сторони [2]. При підвищенні вологості вони згладжують основу борозни, іноді і її стінки, що призводить до негативного впливу на розвиток рослин, особливо при висиханні ґрунту та утворенні кірки. Найбільший недолік сошників кілевидного типу полягає в тому, що вони схильні до забивання при наявності значної кількості рослинних решток.



Рис. 1.14 Килевидний сошник з тупим кутом входження

Для запобігання забиванню сошників нагромадженими рослинними рештками і виникненню небажаного грабельного ефекту з'являється необхідність широкого їх розташування в шаховому порядку (рис. 1.15) [2, 90].

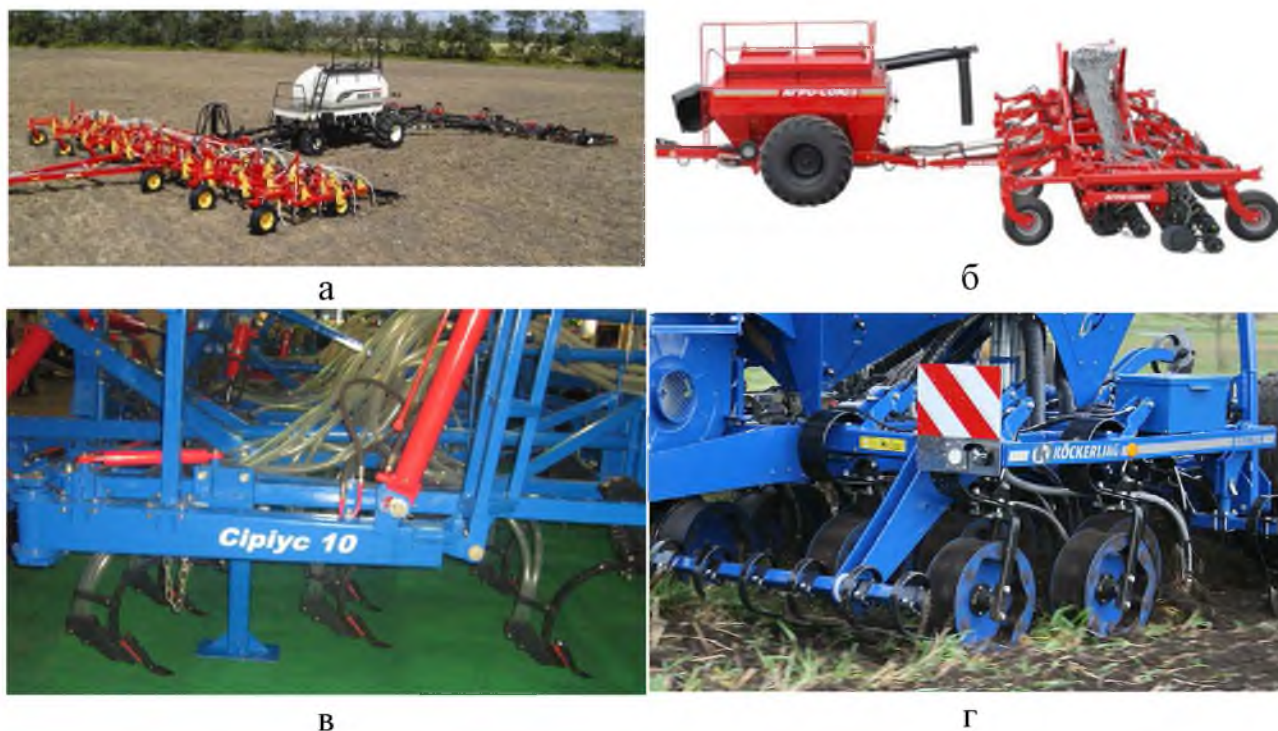


Рис. 1.15 Сівалки з широким розташуванням сошників у шаховому порядку

а - культиваторна сівалка 8810 фірми «Bourgault»; б - посівний комплекс «HORSCH Агро-союз»; в - пневматична сівалка-культиватор «Сіріус 10» ПАТ «Червона зірка»; г - сівалка «УЛТИМА» фірми «KÖCKERLING» [91];

Така розташування сошників використовується на: культиваторних сівалках 8810 фірми «Bourgault» [92], посівних комплексах «HORSCH Агро-союз» [93, 94], на сівалці-культиваторі «MONOSEM» [95], на сівалці «Сіріус 10» ПАТ «Червона зірка» [96], на сівалці «УЛТИМА» фірми «KÖCKERLING» [91] та інших. Для покращення очищення сошників даного типу запропоновано використання криволінійної поверхні ножа для скидання рослинних решток [97]. Ще одне з конструктивних рішень – виготовляти нижню частину лапи рухомою з можливістю здійснювати коливальні абож обертальні рухи навколо вертикальної осі (рис. 1.16) [98, 99, 100]. Це ускладнює конструкції сівалок і знижує копіювання рельєфу поверхні поля.

Тому бажаною умовою в роботі сошника була б можливість подрібнення рослинних решток і великих грудок, що заважають його нормальній роботі.

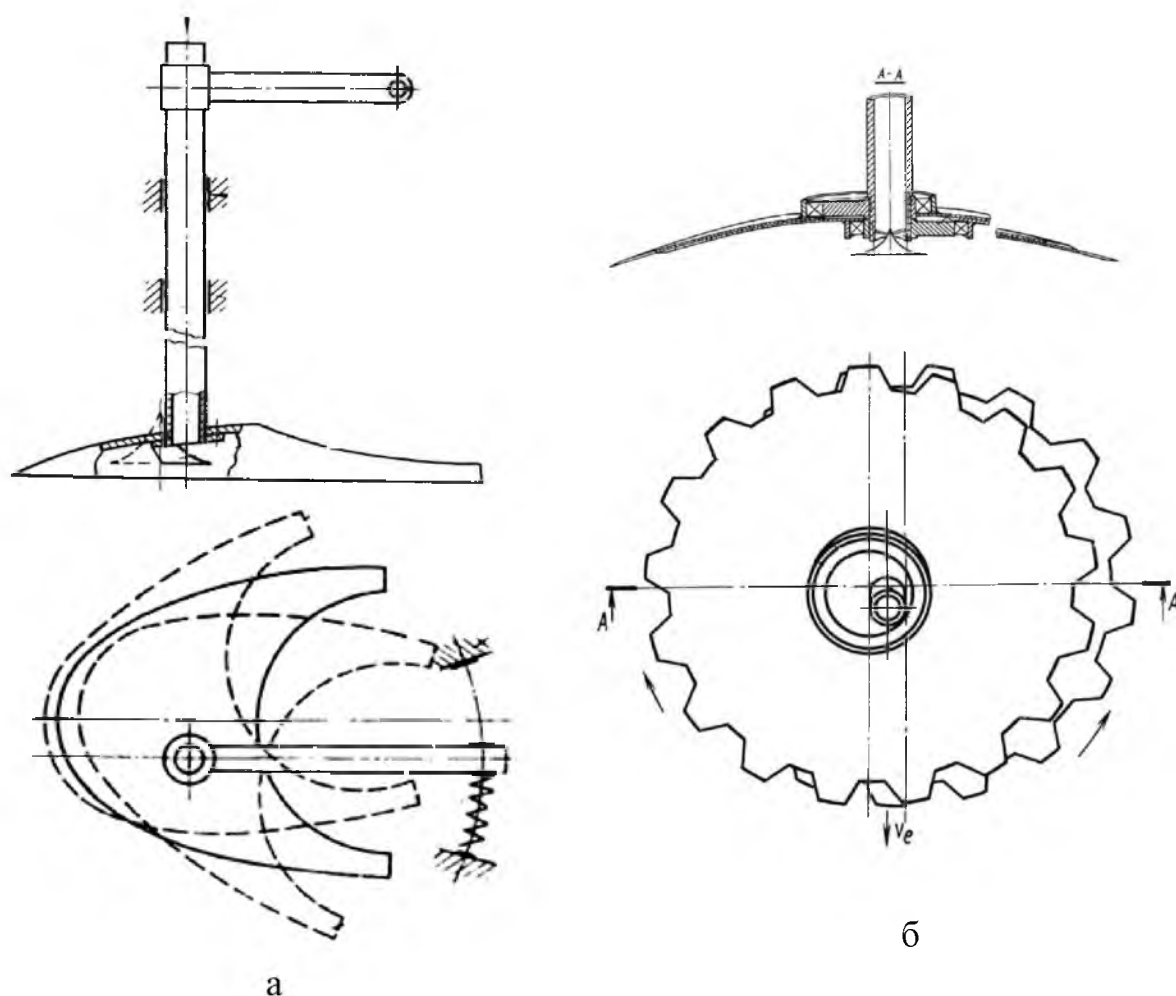


Рис. 1.16 Робочі органи, які виконують очистку стояка від рослинних решток за допомогою здійснення рухів відносно вертикальної осі в нижній частині:

а - коливальних [98]; б - обертальних [99]

Найменший опір при проникненні у ґрунт мають сошники з **гострим кутом входження** [101, 102, 103, 104, 105, 106, 107]. Вони використовуються для сівби зернових по стерні на легких ґрунтах, з метою боротьби з вітровою ерозією. Залежно від конструкції такі сошники можуть виконувати як рядкову, так і смугову сівбу (рис. 1.17).



Рис 1.17 Сошники з гострим кутом входження:

а - робочий орган сівалки-культиватора [105]; б - лаповий сошник;
 в - «GUMBO BOOT» ; г- декілька конструкцій «Черевика Бейкера»;
 д, е - сошники пневматичної сівалки-культиватора «Сіріус 10»

Основна перевага сошників даної групи в тому, що вони утворюють борозну у формі переверненої букви «Т». Це забезпечує незалежно від якості виконання посіву значно меншу залежність від вологості ґрунту, ніж для всіх інших конструкцій сошників.

З метою зниження ступеня пошкодження рослин при підсіві озимих зернових культур запропоновано встановлювати сферичні диски з зубцями на сошник з гострим кутом входження [108].

Особливе місце серед конструктивних рішень займає **сошник-борозноутворювач** (рис. 1.18). Він розроблений в Англії спеціально для відновлення пасовищ і складається з двох вертикальних дисків, встановлених на відстані кількох сантиметрів один від одного. Диски роблять у ґрунті два вертикальні розрізи. За ними слідує мініатюрний відвальний плуг, який виносить ґрунт між розрізами та утворює U-подібну борозну, куди подається насіння. Виносячи ґрунт з канавки, сівалка зменшує концентрацію рослин в зоні укладання насіння і без застосування сторонніх речовин (гербіцидів) сприяє швидкому розвитку рослин [2].



Рис. 1.17 Борозноутворювач [2]

Перспективними є **сошники з комбінованим кутом входження у ґрунт** (рис. 1.19), які об'єднують у собі переваги різних видів сошників [26, 52, 53, 109, 110, 111, 112].

Дана група сошників направлена на укладання насіння в багаторівневий посівний шар ґрунту, а кожен рівень у свою чергу відрізняється за щільністю, структурою та вологістю. Посівний шар умовно поділений на два шари: верхній – сухий і нижній – вологий.

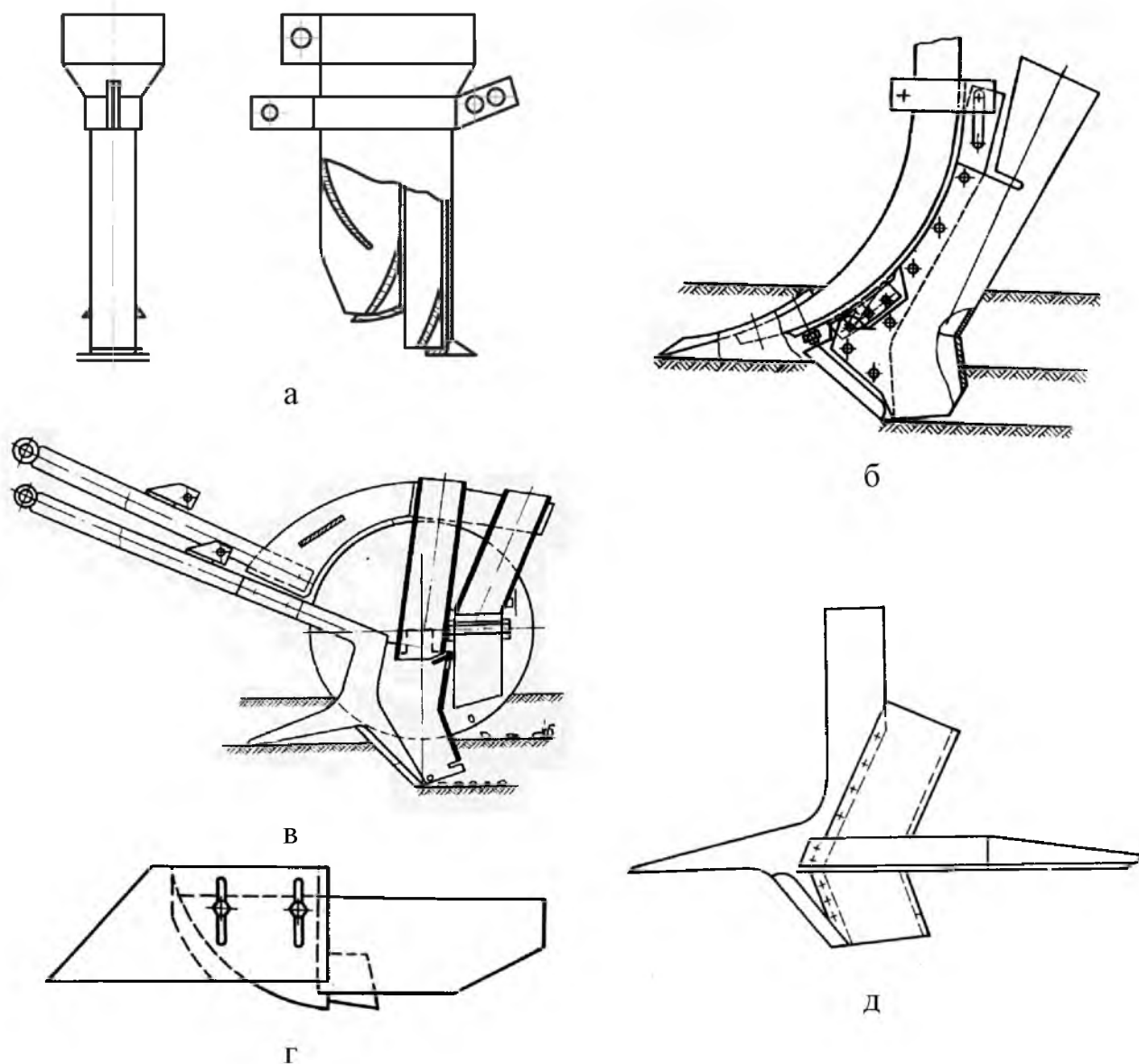


Рис. 1.19 Сошники з комбінованим кутом входження у ґрунт:

а - комбінований лаповий сошник [52]; б - робочий орган для внесення добрив у ґрунт [110]; в - сошник [109]; г - полозковий сошник [111]; д - сошник для зменшення енерговитрат [112]

У вологий шар розміщується насіння, і шар поділяється на I рівень (піднасінневий) і II рівень (наднасінневий), III рівень формується з верхнього сухого шару (рис. 1.20). Дана група сошників стабільніше укладає насіння по глибині, створює оптимальні умови для проростання насіння, що висівається, і розвитку рослин, та несприятливих умов для розвитку бур'янів [53]. Однак дана група потребує доопрацювань при роботі на ґрунтах, насичених рослинними рештками.

Поверхня поля

верхній шар	III рівень (верхній)
нижній шар	II рівень (наднасінневий)
	I рівень (піднасінневий)

Рис. 1.20 Схема багаторівневого способу сівби [53]

За нинішніх умов багато уваги приділяється розробці складних комбінованих сошників, які забезпечують формування багаторівневих ложе для посівного матеріалу, виконують одночасне загортання насіння та добрив на задану глибину.

Комбінований лаповий сошник (рис. 1.19) призначений для роботи на стерньових фонах, а також на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії. Він одночасно може висівати добрива і насіння з прошарком ґрунту. Під час роботи такого сошника лапа підрізає корені бур'янів, формує борозну, в яку по каналу вносяться добрива. Загортач-ущільнювач засипає ґрунтом добрива та ущільнює над ними ґрунт, що становить ложе для насіння. По каналу завдяки напрямнику і відбивачу насіння рівномірно вноситься в борозну [52].

Одним із прикладів такої групи є конструкція сошника сівалки «Cross Slot™» [1, 54, 55], що зображена на рис. 1.21, В її основі знаходиться плоский вертикальний диск (суцільний або перфорований), призначений для прорізання

під час руху ґрунту і рослинних решток та по боках крила. Під одне крило висівається насіння, а під інше – добрива.

Переваги даного сошника полягають в ефективному розподілові насіння і добрива в борозні, збереження форми переверненої «Т» – подібної борозни при зміні швидкості забезпечення стабільної глибини укладання насіння і добре копіювання рельєфу поверхні поля. Недолік становить те, що сошник потребує великих зусиль для заглиблення і дорожчий у виробництві.

У цілому існує велика різноманітність конструктивних рішень сошників для різних культур та умов виконання сівби. Однак, як засвідчує проведений огляд наукових праць, сошники ефективно працюють у межах установлених агрономів тільки на полях, що попередньо підготовлені для сівби.

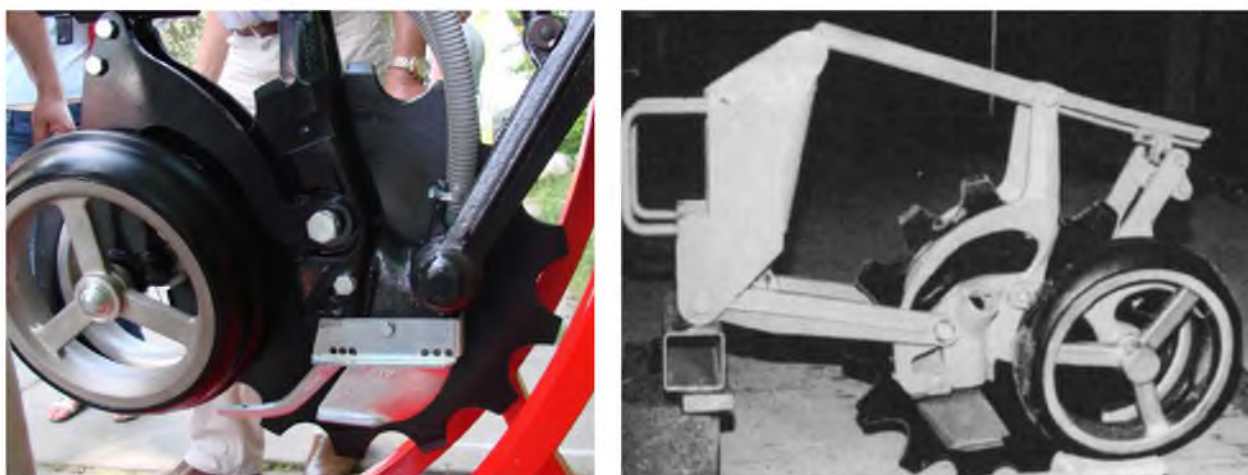


Рис. 1.20 Сошник Cross Slot™

Пряма сівба, як показує світова практика, вимагає нових конструктивних рішень і доопрацювань робочих органів. Фактично для нормального внесення в борозну насіння необхідно забезпечити можливість проходження сошника по необробленому полю з залишками кореневої системи і стерні від минулих врожаїв.

При цьому сошник повинен не забиватися, не нагортати рослинні рештки і грудки перед собою чи перекичуватися через них, змінюючи глибину ходу в ґрунті.

Аналіз конструктивних рішень та умов роботи сошників при використанні прямої сівби вказує на необхідність попереднього (перед сошником) прокладання шляху в необробленому ґрунті для подальшого утворення борозни і виконання сівби. Бажано, щоб ці операції проводилися за один прохід агрегату сумісно в одному комплексі робочих органів, або виконувались різними елементами конструкції посівної секції.

Таким чином, виникає необхідність проведення аналізу робіт, присвячених взаємодії ґрунтообробних робочих органів при поверхневому обробітку поля для прокладання смуги, проведення послідуєчого формування борозни і виконання сівби.

1.3 Аналіз робіт, присвячених взаємодії робочих органів із ґрунтом при його поверхневому обробітку та прямій сівбі

За результатами попередньо проведений огляд робіт, присвячених прямій сівбі, дав можливість установити, що для нормальної роботи сошників сівалок будь-якої конструкції необхідне встановлення попереду них додаткового робочого органу, за допомогою якого прорізується смуга, розпушується ущільнений ґрунт і борозна очищається від залишених на полі рослинних решток.

Таким чином, виникає необхідність аналітичного огляду робіт, у яких розглядаються зазначені питання і висвітлюється накопичений досвід із поверхневого обробітку полів для подальшого виконання сівби.

У дослідженні [43] зроблена спроба обґрунтування параметрів робочої поверхні гофрованого дискового ножа сівалок. Розглядається безприводний диск з розподілом навантажень на нього залежно від стану оброблюваного поля, режимів обробітку та інших технологічних параметрів. Позитивним в

роботі є аналіз співвідношень силових зусиль і кінематичних параметрів руху, на підставі чого запропонована класифікація можливих видів дискових ріжучих робочих органів. Відповідно до неї робочі органи можуть бути поставленими, вільно перекочуватися безприводним та активним (зі спеціально підведеним приводом). Однак представлені в роботі аналітичні залежності, які отримані на підставі кінематичного аналізу взаємодії диска з ґрунтом, маючи практичне значення для інженерних розрахунків, все ж не враховують повною мірою динаміку процесу переміщення та специфічних властивостей середовища. За результатами проведеного дослідження рекомендується для використання гофрована поверхня диска як така, що краще перерізає рештки рослин. У той же час силове забезпечення процесу роботи диска найкращим чином може бути реалізоване через тягове зусилля використовуваного енергозасобу.

Активні ротаційні приводні ґрунтообробні робочі органи розглянуто в роботі [114]. Проведено аналіз конструкцій і розрахунки ґрунтообробних фрез, які працюють у важких умовах задернілого ґрунту. Вказано, що такі робочі органи можуть бути використані у складі посівних машин, створюючи комбіновані агрегати для одночасного проведення попередньої підготовки ґрунту і сівби. В роботі ґрунтовно розглянуто кінематику руху ріжучого елемента, який знаходиться в одночасних поступальному та обертальному рухах. При всіх позитивних сторонах такого конструктивного рішення його суттєвий недолік полягає в необхідності організації спеціального приводу для забезпечення обертального руху фрези. Другим недоліком при використанні приводних ґрунтообробних фрез для прямого посіву, очевидно, слід вважати недостатньо досліджену конструкцію ножів, що формують досить широку смугу проходу робочого органу, яка не використовується повною мірою при безпосередньому виконанні операції посіву. Це дає підстави вважати недоцільною надлишкову питому енергоемність фрезерного робочого органу.

Приводні і безприводні дискові копачі, що працюють при розпушуванні моноліту ґрунту, розглянуто в дослідженні [115]. У роботі наголошено, що ефективність підкопування ґрунту суттєво залежить від співвідношення поступової та обертової швидкості. Вибір конструктивних параметрів робочих елементів особливо важливий для безприводних дисків, оскільки від них залежить не тільки ефективність роботи копача, але й тягове зусилля, якого він потребує на виконання необхідної роботи.

Дослідженням [100] запропоновано кілька типів робочих органів для підготовки смуги дернини під пряму сівбу трав:

- стрілчастий з опорною поверхнею;
- тарілчастий;
- фрезоподібний реактивний.

При розгляді взаємодії робочих органів із задернілим ґрунтом звернемо увагу на його неоднорідний склад: дерновий шар становить пружний матеріал (арматуру), який заповнений мінеральною масою (ґрунтом). З урахуванням такої неоднорідності та на підставі теоретичних досліджень проведено вибір типу робочого органу. Встановлено, що найкраще вимогам смугового прямого посіву трав відповідає тарілчастий робочий орган. Однак для нього характерний недолік – високе розпушування ґрунту, в результаті чого не досягається необхідний контакт розпушеного шару з монолітом ґрунту. Тому для поліпшення схожості рослин запропоновано використання додаткових прикочуючих котків.

На жаль, в аналізованій роботі нічого не сказано стосовно надійності запропонованої конструкції тарілчастого робочого органу. Очевидно, враховуючи складність умов його експлуатації, цій проблемі варто було б приділити увагу.

Властивість краще проникати у ґрунт мають голчаті робочі органи. Вони працюють як по стерновому фону, так із попередньо обробленим ґрунтом [116]. Кінематичний і динамічний аналізи взаємодії голчатого диска з ґрунтом виявили конструктивні параметри голки. Позитивним в роботі є

досконале вивчення траєкторії руху кінця голки в різних фазах входження, роботи і виходу з ґрунту. При цьому важливим є те, що в роботі звернено увагу на вплив фізико-механічних властивостей ґрунту при формуванні траєкторії. На жаль, у роботі розглянуто тільки взаємодію робочого органу з ґрунтом при суцільному його обробітку, без урахування впливу рослинних решток.

Обробіток ґрунту голчастим робочим органом несе в собі багато позитивного для попередньої підготовки до сівби: зниження переущільнення, формування поверхневого шару необхідного фракційного складу, збереження вологості, а також зниження впливу вітрової ерозії на ґрунт [117]. Цими властивостями голчасті робочі органи привертають увагу на рівні вирішення питання розширення сфери їх використання, в тому числі й реалізації прямої сівби. Запропоновано різні достатньо складні форми голчатого елемента. Однак для потреб прямої сівби, де не ставиться завдання суцільного обробітку поверхні поля, необхідно продовжити пошук конструкцій робочого органу з локальним обробітком смуги під проходження сошника посівної секції.

Особливість роботи голчатих робочих органів по кришенню великих часток ґрунту у складі комбінованих знарядь розглянуто в роботі [118].

Крім того показано саму можливість об'єднання даного робочого органу з іншими в єдиний комплекс для проведення основного обробітку ґрунту, обґрунтована конструкція голок із тупим кутом входження, виявлені закономірності розпушення ґрунту залежно від конструктивних параметрів робочого органу. Однак отримані параметри та закономірності відносяться до основного суцільного обробітку і тільки частково можуть бути застосовані для розробки сошникової секції ведення прямої сівби зернових культур.

Вибір довжини ділянки поля, на якій працює голка дискової борони, представлено в роботі [119]. Величина зони деформування і розпушення ґрунту покладена в основу вибору необхідної кількості голок. На жаль, приведені в дослідженні рівняння побудовані суто на геометричних уявленнях

про переміщення голок у ґрунті і не враховують його фізико-механічних властивостей. У цілому робота має практичний інженерний характер і її результати можуть бути враховані при обґрунтуванні кількості голок дискових робочих органів.

Досконало параметри глибини лунки розпушення ґрунту, виходячи з кінематики руху зубчастого безприводного дискового робочого органу мотиги, вивчено в роботі [120]. Причому звернено увагу на довжину можливих необроблених ділянок і на важливий параметр – інтенсивність нанесення уколів по довжині шляху переміщення робочого органу. Також визначена кількість голок, що одночасно взаємодіють із ґрунтом, і час контакту між голкою і ґрунтом. Однак загальна математична модель дослідженого голчатого дискового робочого органу в роботі не приведена, хоча і представлена оптимізація його конструктивних параметрів.

В роботі [121] звернуто особлива увага на роботу дискового прорізувача у складі сошникової секції сівалки прямого посіву. Його дію запропоновано організувати як ковзаюче різання ґрунту та включень рослинних решток. Акцентовано увагу, що якість роботи сівалок прямої сівби багато в чому визначається рівнем ефективності перерізання рослинних решток. Виходячи з цього, на підставі проведених досліджень рекомендується використання диска діаметром не менше 0,35 м. Разом з тим проведене дослідження показує, що для реалізації ковзаючого різання рослинних решток при вибраній формі прорізного диска у вигляді кола єдиним параметром регулювання кута защемлення матеріалу, який піддається перерізання, виступає діаметр диска. Це обмежує конструктивні можливості пошуку більш ефективно працюючих прорізних робочих органів.

Науковий інтерес і прикладне значення має робота [122], в якій пропонується енергозберігаючий вузькосмуговий еліпсоподібний борозноутворювач. За його допомогою реалізується ковзаюче різання ґрунту і рослинних решток при послідовному входженні робочого органу в матеріал. Цим знижуються динамічні навантаження, підвищується загальна надійність

конструкції при зниженні енергоємності виконуваних операцій. Представлена розробка заслуговує на увагу, хоча і має деякі конструктивно-технологічні труднощі при реалізації її у виробництво.

Напружений стан ґрунту під дією робочих органів розглянуто в роботі [123], де поставлена просторова контактна задача. Робота має теоретичне значення для розуміння об'ємно-напруженого стану ґрунту, що створюється під дією робочого органу, однак безпосереднє використання результатів досліджень для проектування борозноутворюючих органів носить проблемний характер.

У роботі [124] представлено дослідження умов стійкості руху голчастих робочих органів по глибині. Показано, що тильна сторона голки, яка зминає ґрунт, впливає на розподіл зусиль, прикладених до голки. Необхідне заглиблення може бути забезпечене внаслідок обґрунтування форми голки, а також співвідношенням швидкостей поступального та обертального рухів. Запропонований робочий орган може змінити традиційний метод поверхневого обробітку і знизити витрати праці до двох разів.

Реалізації прямої сівби та обґрунтуванню відповідних робочих органів для сівалок присвячено дослідження [125]. Оригінальність роботи полягає в розробці спеціальної ґрунтообробної приставки до відомої серійної сівалки СЗ-5,4. Ця модернізація переводить машину в клас сівалок прямої сівби. Крім того запропоновано математичні розрахунки для визначення геометричних параметрів хвилі диска, який попередньо прорізає смугу шириною до 5 см.

Велика увага дослідників до вивчення кінематики руху ґрунтообробних робочих органів пояснюється необхідністю пристосування лез, які здійснюють ковзаюче різання і насамперед рослинних решток, що залишилися на полі. Ця ж ідеологія покладена в основу розробки ножів фрез з вертикальним ротором [126]. У цій роботі звернено увагу на необхідність установки лез таким чином, щоб вони задньою поверхнею не взаємодіяли з необробленим ґрунтом. Не бажана взаємодія може привести до недоцільних

витрат енергії й пального та зношування леза. Складність конструктивного рішення і необхідність забезпечення спеціального приводу на вертикальний ротор роблять проблематичною можливість їх застосування для прокладання смуги під подальший посів.

У роботі [127] обґрунтовується доцільність використання плоского зубчастого диска для вузькорядного проходження у ґрунті. Запропоноване рішення робочого органу направлено на розпушення твердих ґрунтів перед їх оранкою, що здійснюється з метою запобігти утворенню великих скиб, тобто зуби працюють тільки з твердим ґрунтом без урахування дії можливих рослинних решток. Позитивним у роботі є обґрунтування геометричної форми зуба як такого, що має профіль оптимального входження і взаємодії з ґрунтом. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні робочих органів для створення передумов для проходження сошника.

У роботі [128] розглянуто не тільки вертикальне розміщення робочих елементів, а й їх горизонтальне положення як для активних, так і пасивних фрезерних робочих органів.

Уточнена траєкторія руху кінця голки дискового робочого органу представлена в роботі [129]. В цій роботі враховано не тільки поступальний та обертальний рухи робочого органу, а й вимушені коливання центра обертання диска. Робота представляє теоретичний інтерес і уточнює дійсну траєкторію руху кінця голки, однак при незначних коливаннях ґрунтообробної машини відносно поля ці поправки мають також незначний вплив.

Висновок

Проведений аналіз показує, що на теперішній час розроблена велика кількість різних типів сошників для різних умов експлуатації і різних висівних культур [130].

Умови прямої сівби суттєво зменшують можливі використання класичних сошників, а ряд із них потребує введення додаткових робочих

органів для прокладання попередньої смуги по ґрунту, насиченому рослинними рештками.

Таким чином, для реалізації переваг прямої сівби (табл. 1.1) та відмови від попереднього обробітку ґрунту (рис. 1.1), або зведення його до мінімального, потребує фактично створення комбінації нових робочих органів. До їх функцій для проведення всіх операцій прямої сівби входять:

1. підвищення проникнення сошників в ґрунт, із звільненням борозни від рослинних решток.
2. утворення борозни з врахуванням оптимальних умов розвитку рослини.
3. забезпечення загортання насіння на однакову глибину [131].

Суттєву особливість проведення прямої сівби становить необхідність виконання най першої операції – підготовки поля. Як показав проведений аналіз існуючих конструкцій і теоретичних досліджень, існує кілька напрямків реалізації цієї важливої операції. Однак жоден із них на теперішній час в повній мірі не забезпечує виконання прямої сівби. Складність задачі насамперед полягає в тому, що ґрунт із рослинними рештками представляє собою комплексне пружно-пластичне середовище, для ефективного руйнування якого також необхідно використовувати комбіновані способи руйнування. Проблема ускладнюється необхідністю розробки як можна простішої конструкції, ефективно працюючої без забивання і нагортання рослинних решток на сошниках. Крім того, актуальним залишається створення робочого органу, який би прокладав смугу необхідної ширини і глибини при мінімальних енергетичних затратах.

2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗУБЧАСТОГО ДИСКА-ОЧИСНИКА З ҐРУНТОМ І РОСЛИННИМИ РЕШТКАМИ ПРИ ОЧИЩЕННІ СОШНИКА

2.1. Системний аналіз особливостей функціонування сошника прямої сівби

Сошники сівалок для прямої сівби працюють у складних умовах на необробленому і непідготовленому до сівби полі (додаток Б). Фактично, під поняттям «сошник» сучасних сівалок для прямої сівби, що його розглянутого в першому розділі розуміється комплекс робочих органів які виконують окремі операції по підготовці поля і проведенні безпосередньо самої сівби. За таких умов особливої уваги потребує робочий орган, що виконує операції по підготовці поля до сівби. В запропонованій новій технології прямої сівби свої функції він повинен виконувати при наявності рослинних решток.

У цілому комплекс робочих органів, що складають сошник сівалки прямої сівби, у його функціональному призначенні згідно з дотриманням послідовності виконання технологічних операцій можна представити таким чином (рис. 2.1).

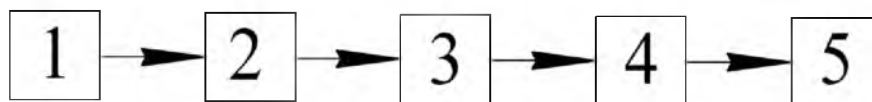


Рис. 2.1 Узагальнена схема технологічного процесу роботи сошника для прямої сівби:

- 1 – очистка від рослинних решток і створення умов для прокладання борозни;
- 2 – прорізання борозни для проведення сівби;
- 3 – формування борозни;
- 4 – висів насіння;
- 5 – загортання насіння.

Таким чином, сошник сучасної сівалки для прямої сівби представляє собою технічну систему, що складається з окремих елементів (підсистем), функціонально пов'язаних між собою. Функціональні зв'язки між окремими елементами відіграють важливу роль у роботі всієї системи – сошника.

Виходячи з проведеного аналізу (розділ 1) і на підставі розподілу функцій в технологічному процесі, що їх повинен виконувати сошник для прямої сівби, запропонована конструкція посівної секції, яка описана в роботах та захищена Деклараційними патентами на корисну модель [12, 132, 133, 134]. Конструктивна схема такого сошника представлена на рис. 2.2.

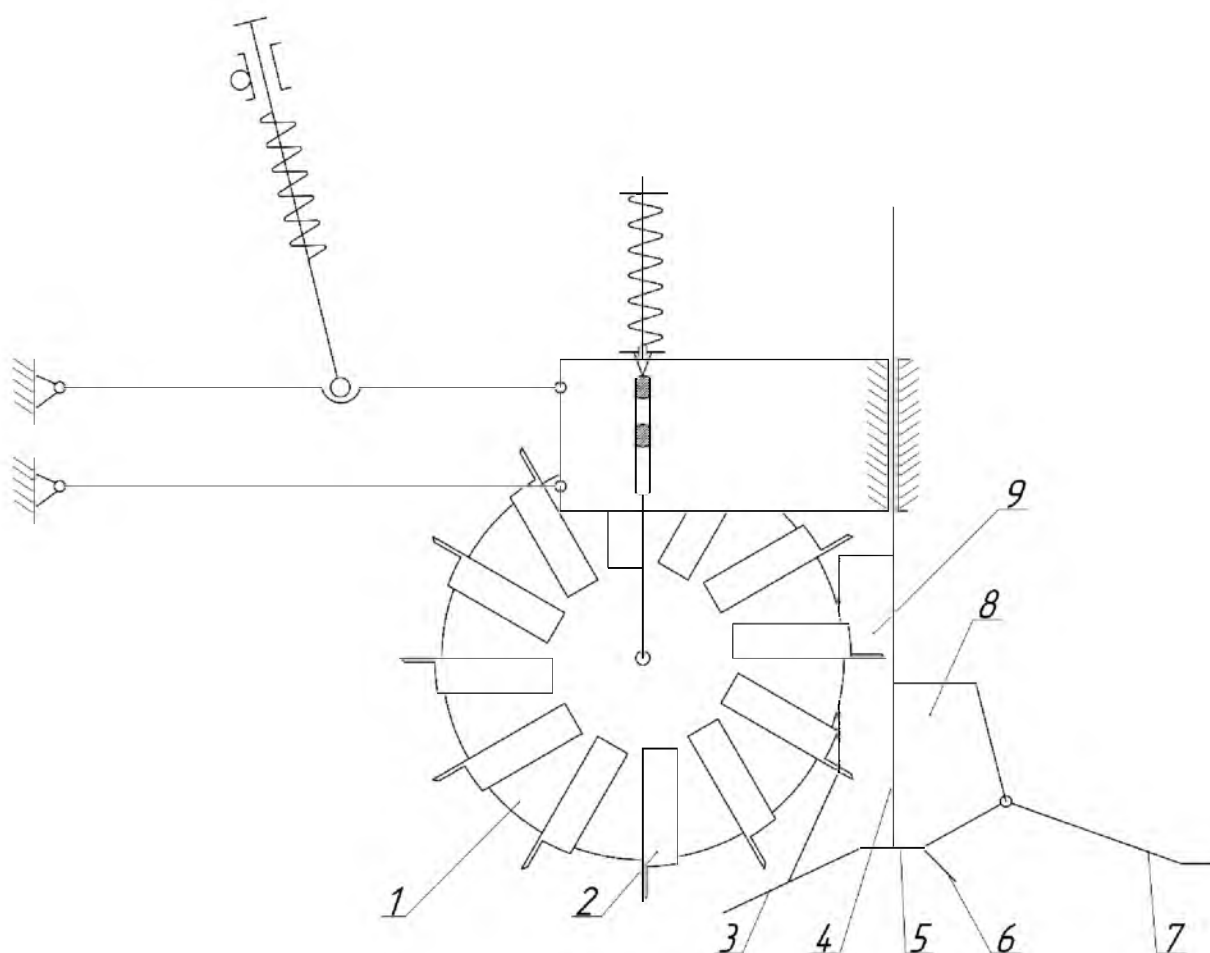


Рис. 2.2 Конструктивна схема сошника для прямої сівби КНТУ [12, 132, 133, 134]:

1 – зубчастий диск-очисник; 2 – підкопуючий зуб; 3 – долото; 4 – борозноутворювач; 5 – захисна пластинка; 6 – виступ, що формє борозну; 7 - насіннезагортаюча п'ятка; 8 – лійка подачі насіння; 9 – ніж

Сошник включає в себе зубчастий диск-очисник, долото, ніж, борозноутворювач, формуючий виступ, лійку для подачі насіння, загортаючу п'ятку, корпус, стояк, механізм регулювання глибини ходу.

Працює сошник наступним чином. Під час руху сівалки та опусканні сошника на поверхню поля борозноутворювач завдяки долоту, спрямованому під гострим кутом, заглиблюється у ґрунт. Примусове зусилля заглиблення від долота і сили ваги створюють необхідний тиск зубчастого диска-очисника. Під дією цього тиску його зуби заглиблюються на деяку глибину і входять у зчеплення з ґрунтом та кореневою системою рослинних решток. Надалі під час руху зубчастого диска рослинні рештки видаляються з ґрунту і підводяться зубами диска до ріжучого ножа, встановленого над долотом. Таким чином, спільна робота зубчастого диска-очисника, долота та ріжучого ножа забезпечує прокладання смуги під борозну в ґрунті, засміченому рослинними рештками. Борозна під посів кінцево формується спеціальним виступом (6). За його допомогою ущільнюється дно борозни і стабілізується глибина сівки. Захисна пластина прикриває вихідний отвір насінневої лійки від можливого його забивання частками ґрунту. Операція висіву завершується загортанням висіяних насінин насіннезагортаючою п'яткою (7).

Багатофазність операцій при виконанні прямої сівки по попередньо необробленому полю функціонально зв'язує роботу окремих органів посівної секції і робочих елементів розробленого сошника. Умовою нормальної роботи є те, що в послідовності операцій технологічного процесу (рис. 2.1), який виконується, продуктивність кожної наступної повинна бути більшою, ніж попередньої. В іншому випадку можна очікувати порушення технологічного процесу у вигляді забивання рослинними рештками борозноутворювача.

Таким чином, від зубчастого диска-очисника, що прокладає шлях борозноутворювачу і забезпечує видалення та подрібнення рослинних решток, багато в чому залежить ефективність роботи всього сошника в цілому. Продуктивність видалення, подрібнення та очищення стояка

сошника від рослинних решток повинна бути вищою, ніж наступні операції, що забезпечують сівбу. У протилежному випадку забивання сошника рослинними рештками буде неминучим [132].

2.2. Аналіз кінематики руху та обґрунтування конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника сошника для прямої сівби

Згідно з технологією проведення посівних робіт по попередньо не-обробленому полю у запропонованій конструкції сошника (рис. 2.1) першим і важливим робочим органом, що контактує з ґрунтом, є зубчастий диск-очисник. Як відзначалось вище, його важлива роль полягає в першочерговому проході по полю і видаленні та подрібненні рослинних решток (коріння) рослин попередника. Це необхідно для забезпечення ефективної роботи наступних робочих органів посівної секції і забезпечення виконання якісної сівби.

Зубчастий диск-очисник – це активний робочий орган, який не має свого власного приводу. Він приводиться в дію за рахунок зчеплення з ґрунтом виступаючими зубами. Тому в його роботі особлива роль належить узгодженості руху окремих елементів для створення раціональних умов входження зубів у ґрунт, виконанні підкопування коріння, видалення його з ґрунту, підведення під ніж для ефективного перерізання і направлення відокремлених частин на відповідні смуги поверхні засіяного поля (міжряддя). Така складна багатофункціональна роль зубчастого диска-очисника накладає вимоги до обґрунтування його конструктивних параметрів.

Елементом зубчастого диска-очисника, який безпосередньо взаємодіє з корінням і рослинним рештками, є виступаючий зуб. Його абсолютний рух складається з двох наступних: відносного і переносного. Відносний рух відбувається в результаті обертання зубчастого диска-очисника навколо власної осі, а переносний забезпечується переміщенням сівалки вздовж

рядка. Схематично рух зубчастого диска досліджуваного сошника для прямої сівби представлено на рис. 2.3.



Рис. 2.3 Схема переміщення зубчастого диска-очисника сошника для прямої сівби

Науковий і практичний інтерес для встановлення параметрів диска-очисника представляє розгляд траєкторії руху найбільш віддаленої точки зуба (M).

При математичному описові та аналізі траєкторії руху виберемо наступні системи координат: нерухому XOY і рухому xoy , що переміщується разом з центром обертання зубчастого диска-очисника. В нерухомій системі координат переміщення центру O (диска) відбувається зі швидкістю V_c , направленою вздовж рядка.

Правомірно прийняти, що глибина ходу зубчастого диска визначається динамічною рівновагою між силами, спрямованими на заглиблення його у ґрунт та опором ґрунту стосовно проникненню диска. До сил, що сприяють заглибленню, слід віднести силу ваги робочого органу, силу, обумовлену дією натискної пружини регулятора глибини, і сили заглиблення від дії долота. Опір заглибленню створюють насамперед робочі поверхні виступаючих зубів, торцева поверхня диска, виступ, що формує борозну, і деякою мірою насіннезагортаюча п'ятка. Результатом взаємодії цих сил є переміщення зубів диска-очисника на необхідній глибині попереднього обробітку ґрунту.

Припустимо, що переміщення корпусу сошника відносно поверхні поля відбувається практично без вертикальних коливань, тобто паралельно до поверхні поля. Тоді для виведення рівняння траєкторії руху зуба диска-очисника припустимо, що він перекочується деяким колом з радіусом r по горизонтальній прямій. Якщо нижня точка цього направляючого кола (точка M_0) не має відносного руху (не проковзується), то вона представляє собою миттєвий центр обертання і виступає основою для виведення рівняння руху елементів зуба диска-очисника. Згідно [135, 136, 137] з точкою утвореної траєкторії в подвійному русі вздовж рядка і обертовому навколо власної осі задається переміщення по циклоїді. Всі інші точки поверхні зуба диска-очисника над і під утворюючим колом описують траєкторії трохойди.

Рівень глибина заглиблення зубів диска-очисника встановлюється спеціальним механізмом для регулювання глибини ходу сошника і повинен бути не меншим від рівня заглиблення (h) основної частини кореневої системи рослинних решток. Якщо прийняти, що зубчастий диск радіусом (r) перекочується по полю без ковзання, то рівень заглиблення буде визначатися умовою:

$$R - r \leq h, \quad (2.1)$$

де R – радіус обертання кінця зуба диска-очисника.

Чим менша різниця між $R - r$ і h , тим ближче до поверхні поля знаходиться утворююче коло траєкторії руху. При його перекочуванні по поверхні поля маємо:

$$R - r = h. \quad (2.2)$$

Координати при довільному розташуванні точки (M) траєкторії руху зуба диска-очисника можна записати у вигляді наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} X_M = X_{nm} + x_{om}; \\ Y_M = Y_{nm} + y_{om}, \end{cases} \quad (2.3)$$

де X_{nm}, Y_{nm} – переносне переміщення точки M відповідно по осях X і Y ,
 x_{om}, y_{om} – відносне переміщення точки M відповідно по осях x і y .

Переносне переміщення – це переміщення сівалки, а значить і центра O зубчастого диска-очисника, за деякий проміжок часу t , яке буде дорівнювати:

$$\begin{cases} X_{nm} = V_c \cdot t; \\ Y_{nm} = 0. \end{cases} \quad (2.4)$$

Відносне переміщення пов'язане з круговим рухом точки M навколо центра O . Його можна визначити:

$$\begin{cases} x_{om} = -R \cdot \sin \varphi; \\ y_{om} = R \cdot \cos \varphi, \end{cases} \quad (2.5)$$

де φ – кут повороту зубчастого диска-очисника за час t ($\varphi = \omega \cdot t$).

Підставляючи складові з рівнянь (2.4) і (2.5) у систему рівнянь (2.3), отримаємо:

$$\begin{cases} X_M = V_c \cdot t - R \cdot \sin \varphi; \\ Y_M = R \cdot \cos \varphi, \end{cases} \quad (2.6)$$

або

$$\begin{cases} X_M = V_c \cdot t - R \cdot \sin(\omega t); \\ Y_M = R \cdot \cos(\omega t). \end{cases} \quad (2.7)$$

З урахуванням того, що перекочування відбувається без проковзування, кутову швидкість кругового руху зубчастого диска-очисника можна знайти зі співвідношення:

$$\omega = \frac{V_c}{r}. \quad (2.8)$$

У свою чергу, радіус кола кочення, як видно з рис. 2.3, дорівнює:

$$r = R - h. \quad (2.9)$$

Тоді, підставляючи в систему рівнянь (2.7) її складові, маємо:

$$\begin{cases} X_m = V_c \cdot t - R \cdot \sin\left(\frac{V_c}{R-h} \cdot t\right); \\ Y_m = R \cdot \cos\left(\frac{V_c}{R-h} \cdot t\right). \end{cases} \quad (2.10)$$

Отримана система рівнянь (2.10) описує траєкторію руху найбільш віддаленої точки зуба M , що обертається навколо центру O .

Форма траєкторії кінця зуба диска-очисника в загальному випадку залежить від співвідношення швидкостей обертового і поступального рухів. Тобто, може характеризуватися відповідним кінематичним параметром:

$$\lambda = \frac{\omega R}{V_c}. \quad (2.11)$$

Оскільки у запропонованій конструкції сошника згідно з технологічним процесом необхідно, щоб зуб входив у ґрунт і виконував підкопуючу дію відносно коревих рослинних решток, то коефіцієнт λ завжди повинен мати значення $\lambda > 1$. Але це характерно для активного приводу на половині проміжку зміни положення миттєвого центру обертання в напрямку

до поверхні поля. Таке може відбутися при деформації ґрунту під дією натиску передньої поверхні зуба. Тоді радіус (r) буде зменшуватися, а значить згідно з формулою (2.8) кутова швидкість зросте і, відповідно, (2.11) параметр (λ) також буде зростати. Однак, у межах даного дослідження приймемо, що (λ) при виконанні підкопування не міняє своєї величини.

Підставляючи (λ) у рівняння (2.6) запишемо:

$$\begin{cases} X_m = R(\frac{\varphi}{\lambda} - \sin \varphi); \\ Y_m = R \cdot \cos \varphi. \end{cases} \quad (2.12)$$

З отриманої системи рівнянь видно, що траєкторія руху заглибленої у ґрунт частини зуба диска-очисника при прийнятих допущеннях і прийнятих цілях аналізу може бути представлена подовженою циклоїдою – трахоїдою.

Важливим при входженні у ґрунт і переміщенні в ньому є правильна орієнтація зубчастого робочого органу. З урахуванням його переміщення відносно вибраних осей можуть бути отримані відповідні значення швидкості. Шляхом диференціювання рівнянь (2.10) отримуємо:

$$\begin{cases} V_{xm} = \frac{dX_m}{dt} = V_c - R \cdot \cos(\frac{V_c}{R-h} \cdot t) \cdot \frac{V_c}{R-h}; \\ V_{ym} = \frac{dY_m}{dt} = -R \cdot \sin(\frac{V_c}{R-h} \cdot t) \cdot \frac{V_c}{R-h}. \end{cases} \quad (2.13)$$

При входженні зуба диска-очисника у ґрунт між вертикальною і горизонтальною складовими швидкості повинні виконуватися певні співвідношення, які мають забезпечити входження зуба у ґрунт таким чином, щоб його зовнішня сторона не наштовхувалась на попередній зріз ґрунту і не створювала додаткового опору, на подолання якого необхідна додаткова витрата енергії. Проблема затирання зуба диска-очисника попереднім зрізом ґрунту не виникне, якщо буде виконуватись умова:

$$V_{xm} \leq 0, \quad (2.14)$$

де V_{xm} - горизонтальна складова швидкості прийнятої точки зуба диска-очисника.

Тобто, горизонтальна складова швидкості крайньої точки зуба не повинна бути спрямована в напрямку руху сівалки. Під час руху зубчастого диска-очисника зуб може входити у ґрунт з нульовою або з від'ємною горизонтальною швидкістю.

Для більш детального аналізу виконання умови входження і переміщення зуба диска-очисника у ґрунт при видаленні коріння рослинних решток розглянемо нижню частину траєкторії його руху (рис. 2.4).

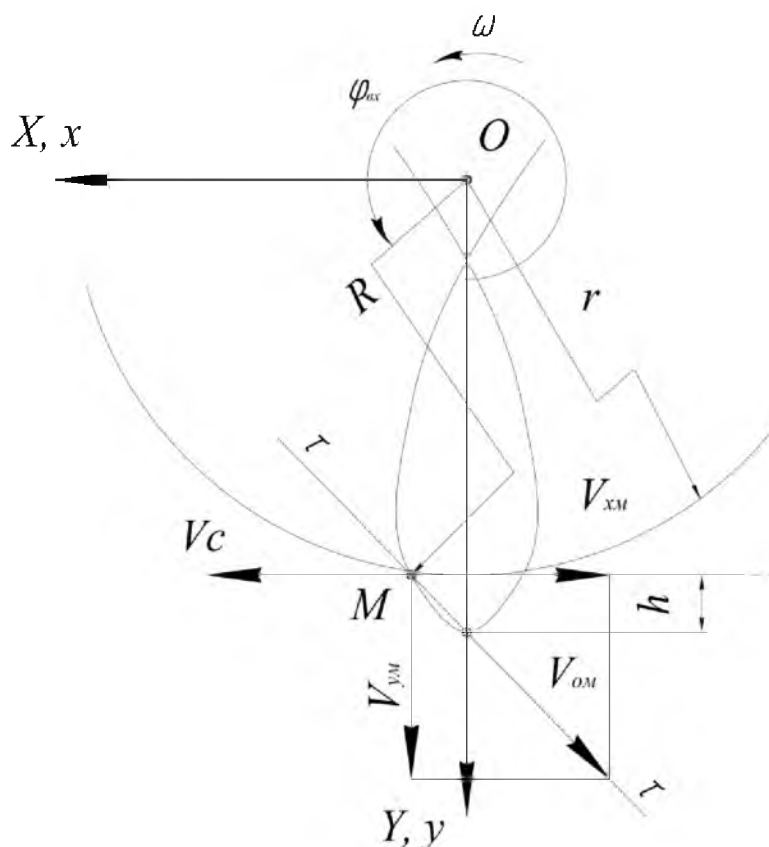


Рис. 2.4 Траєкторія руху зуба диска-очисника при входженні і переміщенні у ґрунті

Зубчастий диск-очисник – це робочий орган, який не має власного приводу, а отримує рух від зчеплення зубів з ґрунтом. Тобто, зубчастий

диска-очисник у своїй роботі, взаємодіючи з рослинними рештками, кінематично зв'язаний з рухом усієї сівалки. В цьому випадку, коли кутова швидкість кочення зубчастого диска-очисника залежить від швидкості сівалки, особливо важливо проаналізувати кінематику входження і переміщення зуба у ґрунті.

Гранична умова відсутності защемлення зовнішньої поверхні зуба зрізом ґрунту виходячи з першого рівняння системи (2.13), дає:

$$\frac{R-h}{R} = \cos \varphi. \quad (2.15)$$

Зуб уходить у ґрунт згідно з прийнятою схемою (рис. 2.3) в четвертому квадранті свого переміщення при кутах повороту $\varphi > 270^\circ$ і $\cos \varphi > 0$. Тоді можна записати:

$$\begin{aligned} \cos(2\pi - \varphi_{\text{вх}}) &= \cos \varphi_{\text{вх}}, \\ \varphi_{\text{вх}} &= \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right). \end{aligned} \quad (2.16)$$

Відповідно, кут виходу зуба із ґрунту визначається як:

$$\cos(\varphi_{\text{вих}} - 2\pi) = \cos \varphi_{\text{вих}} = \frac{R-h}{R}.$$

Звідки:

$$\varphi_{\text{вих}} = \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right).$$

Як видно з отриманого рівняння, на граничне значення кута повороту зуба, після досягнення якого, горизонтальна швидкість стає меншою нуля і можливе підкопування рослинних решток, залежить від заглиблення зуба і радіуса його обертання. Графічне зображення отриманої залежності (рис. 2.5) показує, що вона носить нелінійний характер. Зі збільшенням заглиблення у ґрунт граничне значення кута входу зуба зменшується.

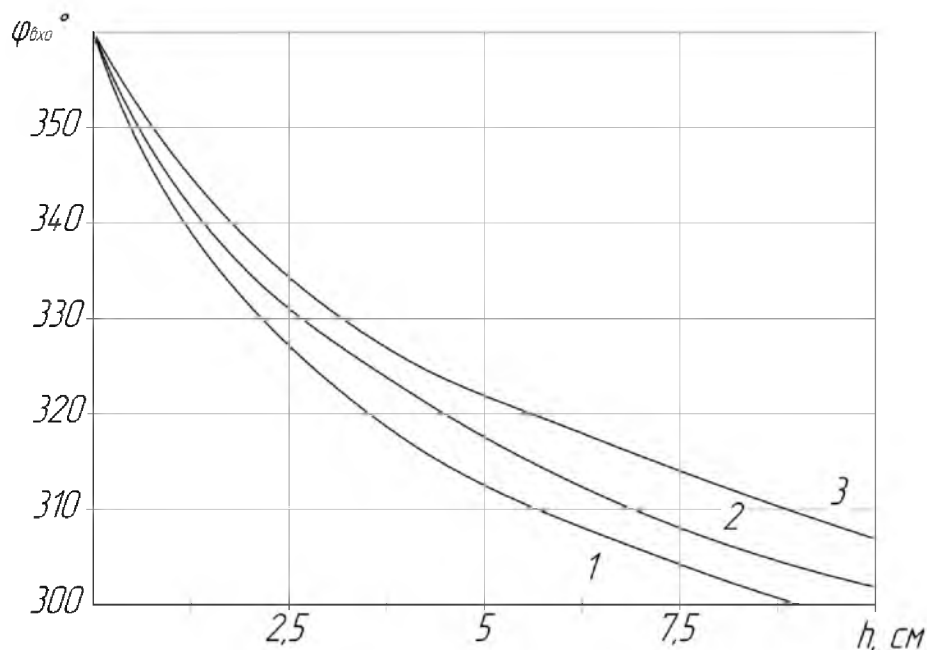


Рис. 2.5 Залежність кута входження зуба у ґрунт від глибини його ходу і радіуса обертання: 1 – $R=15 \text{ см}$; 2 – $R=20 \text{ см}$; 3 – $R=25 \text{ см}$

Із представлених залежностей також видно, що при фіксованій глибині ходу сошника зменшення радіуса обертання зуба приводить до зменшення кута його входження у ґрунт. Це відповідає реальній фізичній моделі роботи зубчастого робочого органу.

Надалі у процесі руху зуба диска-очисника після проходження граничного значення кута входження у ґрунт горизонтальна складова швидкості точки (M) зуба буде збільшуватись до досягнення найнижчої точки траєкторії. Це сприяє відводу зовнішньої поверхні зуба від зрізу

грунту. І тільки після проходження нижньої точки горизонтальна швидкість буде знижуватися, орієнтація зовнішньої поверхні сприятиме її контакту обрізом ґрунту, що є важливим фактором для забезпечення необхідних зусиль на привод зубчастого диску. У цій фазі руху (після проходження нижньої точки) опір робочої поверхні зуба на зріз ґрунту необхідний для створення крутного моменту на зубчастому диску і є джерелом енергії для його роботи. Оскільки зубчастий диск має певну кількість зубів, які рівномірно розташовані по колу диска і знаходяться в різних фазах взаємодії з ґрунтом, то необхідним зусиллям для зуба, що починає входити в ґрунт є крутний момент, обумовлений роботою зубів, які досягли, або вже пройшли нижню точку траєкторії руху.

Узгодженість руху зубчастого робочого органу з метою запобігти затиранню його зовнішньої сторони полягає в тому, що точка контакту (M) повинна встигати відходити від зрізу ґрунту з урахуванням постійного переміщення сівалки вперед зі швидкістю (V_c). Але відсутність затирання зуба в точці входу (M) не буде повною гарантією того, що зовнішня поверхня не наштовхуватиметься на зріз ґрунту. Відсутність затирання в точці (M) – це необхідна, проте ще не достатня умова правильного розташування зуба, яка б забезпечувала його ефективну роботу. Для того, аби зуб входив у ґрунт як можна ближче до вертикального положення і в той же час жодною точкою зовнішньої поверхні не наштовхувався на утворений зріз, необхідно, щоб зуб розташовувався під деяким кутом установки (γ) (рис. 2.6). Тоді умова відсутність затирання впливатиме з переміщень у горизонтальному та вертикальному напрямках згідно з траєкторією та установкою зуба під кутом (γ) і може бути представлена наступним чином:

$$V_c \cdot t \leq V_{xm} \cdot t + V_{ym} \cdot t \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (2.17)$$

Звідси кут установки зуба дорівнює:

$$\gamma \geq \arctg \left(\frac{V_c - V_{xm}}{V_{ym}} \right). \quad (2.18)$$

Очевидно, що кут установки буде тим більший, чим менша горизонтальна і вертикальна складові руху зуба, і тим більший, чим більша швидкість руху сівалки. Тобто, дана залежність має достатньо складний характер.

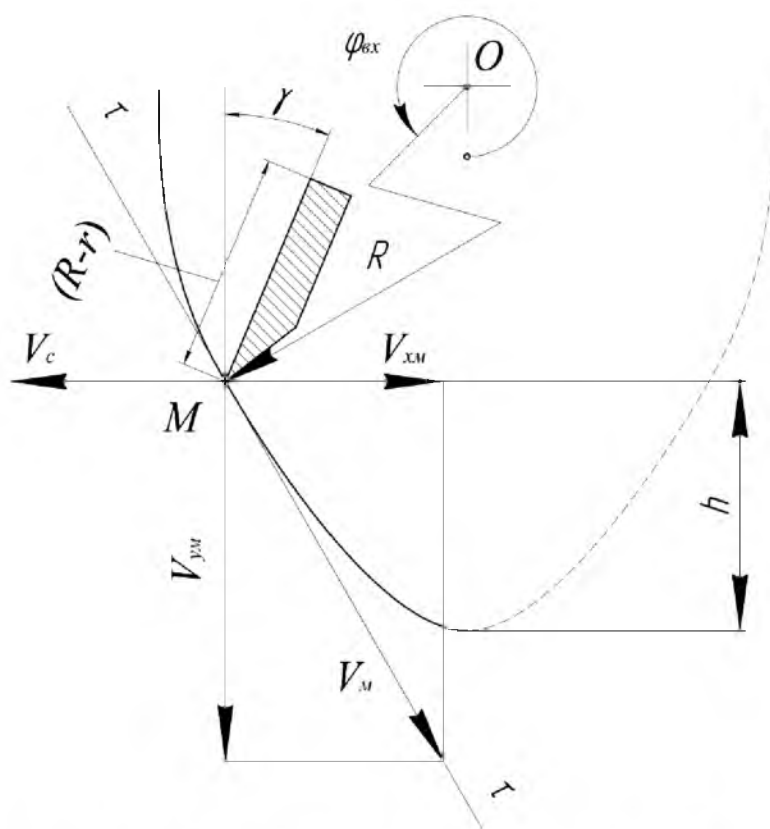


Рис. 2.6 Схема щодо визначення кута установки зуба диска-очисника

Підставляючи значення складових в умову (2.17), після перетворень і скорочень маємо:

$$\gamma = \arctg(-\operatorname{ctg} \varphi). \quad (2.19)$$

Таким чином, кут установки зуба пов'язаний з кутом входження його у ґрунт зворотною тангенціальною залежністю:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1}{-\operatorname{tg} \varphi}. \quad (2.20)$$

Отримане рівняння дає можливість розрахувати кут установки зуба з метою реалізації його раціональної взаємодії з ґрунтом.

З форми траєкторії на ділянці взаємодії зуба з ґрунтом видно, що мінімального значення горизонтальна складова руху зуба приймає в момент входження у ґрунт. Саме для заглиблення зуба у ґрунт важлива його правильна орієнтація, що забезпечує мінімальну енергоємність даного процесу.

Таким чином, згідно з прийнятою системою координат (рис. 2.3) цій фазі руху зуба відповідає четвертий квадрант обертання диска-очисника навколо власної осі. Тоді кут φ може знаходитись у межах:

$$2\pi \geq \varphi \geq \frac{3}{4}\pi.$$

Знаючи величину кута входження зуба у ґрунт, отриманого згідно з формулою (2.16), і враховуючи, що тангенціальна функція в цьому квадранті від'ємна, підставляємо її величину у формулу (2.20) для визначення кута установки зуба.

Очевидне також і те, що оптимальною по формі передньої поверхні зуба буде криволінійна, що відповідає умові (2.18). Однак враховуючи, що глибина ходу зуба диска-очисника набагато відрізняється від радіуса його обертання, для практичних цілей достатньо виконання умови встановлення зуба під кутом, який відповідає початку входження у ґрунт.

Зменшення кута установки зуба, як видно з рівняння (2.18), можливе при збільшенні складових швидкостей V_{xm} і V_{ym} , або загальної швидкості

обертання зуба диска-очисника навколо власної осі. Це означає, що зубчастому диску в даному разі необхідний власний привод, який суттєво може ускладнити конструкцію комбінованого сошника [138].

2.3 Особливості підкопування і видалення рослинних решток із ґрунту

Взаємодія зубчастого робочого органу з ґрунтом відбувається в нижній частині траєкторії його руху. Саме на цій ділянці виконується робота по видаленню корневих рослинних решток для подальшого формування борозни.

Робота, що виконується зубом на цій ділянці траєкторії, в загальному вигляді може бути визначена рівнянням:

$$A = \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}} P(\varphi) \cdot dl, \quad (2.21)$$

де $P(\varphi)$ – зусилля опору переміщення зуба у ґрунті;

dl – елементарний шлях переміщення зуба по траєкторії його руху;

$\varphi_{\text{вх}}, \varphi_{\text{вих}}$ – відповідно, кути входу і виходу зуба з ґрунту.

Сила взаємодії зуба робочого органу з ґрунтом не є величиною постійною і залежить від кута повороту. На початку входження у ґрунт вона наростає відповідно до рівня заглиблення робочого органу. Подальший приріст сили пов'язаний із навантаженням на зуб з боку кореневої системи рослинних решток попередника. Розпушення ґрунту і видалення рослинних решток поступово знижує зусилля на зуб, завершуючи процес відокремлення решток з ґрунту.

Величина переміщення на елементарній ділянці Δl траєкторії руху зуба диска-очисника дорівнює:

$$\Delta l \approx \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}. \quad (2.22)$$

Або, переходячи до кутового руху і границі диференціалу, довжину робочої траєкторії можна записати наступним чином:

$$dl = \sqrt{\left(\frac{dX}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dY}{d\varphi}\right)^2} d\varphi. \quad (2.23)$$

Звідки:

$$dl = \sqrt{(X')^2 + (Y')^2} d\varphi. \quad (2.24)$$

Повертаючись до рівняння (2.21), робота, спрямована на видалення рослинних решток, дорівнює:

$$A = \int_{\varphi_{\text{ex}}}^{\varphi_{\text{вх}}} P(\varphi) \sqrt{(X')^2 + (Y')^2} d\varphi. \quad (2.25)$$

У представленому рівнянні невідомим залишається закон зміни сили, що діє на зуб від кута його повороту. З фізичних міркувань стосовно підкопуючої дії зуба диска-очисника очевидно, що вона спочатку збільшується, а потім, досягнувши максимального значення, навпаки, починає зменшуватися. Встановлення реального закону зміни сили підкопування з урахуванням входження зуба у ґрунт, його взаємодії з кореневою системою рослинних решток у міру їх навантаження і розпушення ґрунту, а також видалення таких решток із ґрунту, складає задачу експериментального дослідження, однак для подальшого теоретичного аналізу та з метою уникнути ускладнення математичного викладу опису процесу достатньо прийняти синусоїдальний закон зміни сил, що діють на зуб від кута його повороту. З урахуванням прийнятої системи координат і

початку відліку кута обертання зуба (φ) закон зміни сили можна записати у вигляді:

$$P = P_{\max} \cdot \cos \varphi, \quad (2.26)$$

де $P_{\max}$ – максимальне зусилля, що діє на зуб.

Повертаючись до траєкторії руху зуба, що представлена трахоїдою і в параметричному вигляді описується системою рівнянь (2.12), знайдемо похідні від координат руху по куту обертання зуба:

$$\begin{cases} X' = \frac{R}{\lambda} - R \cdot \cos \varphi; \\ Y' = -R \cdot \sin \varphi. \end{cases} \quad (2.27)$$

Підставляючи значення похідних і функцію зміни зусилля з рівняння (2.26), у рівняння роботи зуба (2.25), запишемо:

$$A = \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}} P_{\max} R \cdot \cos \varphi \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda} + \cos \varphi\right)^2 + (-\sin \varphi)^2} d\varphi. \quad (2.28)$$

Аналітичне вирішення отриманого рівняння містить математичні труднощі внаслідок складності підінтегральної функції. Простіше його можна вирішити чисельними методами на ЕОМ, при розробці відповідної програми розрахунків. Однак для інженерних цілей допустиме спрощення, що полягає в аналізі траєкторії руху на робочій ділянці зуба. На цій ділянці спостерігається петлевидна вертикально витягнена форма траєкторії переміщення вздовж осі OY (рис. 2.3), яка значно перевищує переміщення уздовж осі OX . Це відкриває можливість спрощення підінтегральної функції, оскільки похідна Y' приймає невеликі значення і квадратом її величини можна знехтувати.

Тоді рішення (2.28) у спрощеному вигляді можна записати:

$$A = P_{\max} \cdot R \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}} \cos \varphi \left(\frac{1}{\lambda} + \cos \varphi \right) d\varphi. \quad (2.29)$$

Виконуючи математичні перетворення, отримаємо:

$$A = P_{\max} \cdot R \left[\frac{1}{\lambda} \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}} \cos \varphi d\varphi + \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}} \cos^2 \varphi d\varphi \right]. \quad (2.30)$$

Допускаючи симетрію петлевидної робочої частини траєкторії і змінюючи у зв'язку з цим межі підстановок кута φ , рівняння (2.30) можна представити наступним чином:

$$A = 2P_{\max} \cdot R \left[\frac{1}{\lambda} \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{2\pi} \cos \varphi d\varphi + \int_{\varphi_{\text{вх}}}^{2\pi} \cos^2 \varphi d\varphi \right]. \quad (2.31)$$

Оскільки величина кута входу $\varphi_{\text{вх}}$ визначається рівнянням (2.16), то, підставляючи його значення, після інтегрування маємо:

$$A = 2P_{\max} \cdot R \left[\frac{1}{2} \sin \varphi \Big|_0^{\arccos \frac{R-h}{R}} + \frac{1}{2} \varphi \Big|_0^{\arccos \frac{R-h}{R}} + \frac{1}{4} \sin 2\varphi \Big|_0^{\arccos \frac{R-h}{R}} \right]. \quad (2.32)$$

Або ж з урахуванням меж запишемо:

$$A = P_{\max} \cdot R \left\{ \frac{V_c}{\omega R} \sin \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] + \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{4} \sin 2 \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] \right\}. \quad (2.33)$$

Першу складову у фігурних дужках можна спростити таким чином:

$$\frac{V_c}{\omega R} \sin \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] = \frac{V_c}{\omega R} \sqrt{1 - \cos^2 \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right]} = \frac{V_c}{\omega R} \sqrt{1 - \left(\frac{R-h}{R} \right)^2}. \quad (2.34)$$

Третю складову у фігурних дужках рівняння (2.33) представимо у наступному вигляді:

$$\frac{1}{4} \sin 2 \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] = \frac{1}{2} \sin \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] \cdot \cos \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right]. \quad (2.35)$$

Звідси отримуємо:

$$\frac{1}{4} \sin 2 \left[\arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \right] = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{R-h}{R} \right)^2} \cdot \frac{R-h}{R}. \quad (2.36)$$

Підставляючи значення складових з рівнянь (2.34) та (2.35) у рівняння (2.32), що визначає величину роботи зуба диска-очисника, маємо:

$$A = P_{\max} \cdot R \left\{ \frac{V_c}{\omega R} \sqrt{1 - \left(\frac{R-h}{R} \right)^2} + \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) + \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{R-h}{R} \right)^2} \cdot \frac{R-h}{R} \right\}. \quad (2.37)$$

Отримане рівняння встановлює величину роботи зуба диска-очисника по видаленню рослинних решток, що залишаються від рослин попередників років.

Робота зуба, приведена до відносного обертального руху зубчастого колеса, визначає крутний момент опору, який дорівнює:

$$M(\varphi) = \frac{dA(\varphi)}{d\varphi}. \quad (2.38)$$

Тоді згідно з рівнянням (2.29) можна записати:

$$M = P_{\max} R \cdot \cos \varphi \left[\frac{1}{\lambda} + \cos \varphi \right]_{\varphi_{\text{вх}}}^{\varphi_{\text{вих}}}. \quad (2.39)$$

Тобто, момент опору діє в зоні $\varphi_{\text{вих}} \geq \varphi \geq \varphi_{\text{вх}}$.

Отримане рівняння описує зміну моменту опору на одному зубі в межах його підкопуючої дії по вилученню рослинних решток. Графік цього рівняння представлено на рис. 2.7.



Рис. 2.7 Залежність зміни моменту опору при видаленні рослинних решток від кута повороту зубчастого диска-очисника (для одного зуба). ($R=125$ мм, $P_{\max}=50$ Н)

У процесі роботи зубчастого диска-очисника одночасно працюють декілька зубів, що знаходяться в різних фазах взаємодії з ґрунтом і рослинними рештками.

Враховуючи, що привод зубчастого диска-очисника відбувається від поступального руху сівалки по полю шляхом безпосередньої взаємодії виступаючих зубів із ґрунтом при їх заглибленні, гарантоване зчеплення диска-очисника з ґрунтом може відбуватися при одночасній роботі не менше трьох зубів. Перший з них знаходиться у фазі виходу з ґрунту, другий – в середині сектора взаємодії і він найбільш навантажений, а третій починає входити у ґрунт. Можливість його заглиблення і залежить від силового навантаження, яке забезпечується роботою двох перших зубів [139].

Для такого випадку групової роботи зубів диска-очисника можна записати умову їх кутового розташування:

$$\varphi_{\text{вих}} - \varphi_{\text{вх}} \geq 2\Delta\varphi, \quad (2.40)$$

де $\Delta\varphi$ – кутовий крок зубів на диску.

Кутовий крок дорівнює

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{N}, \quad (2.41)$$

де N – кількість зубів на диску.

Підставляючи значення $\varphi_{\text{ви}}$ і $\varphi_{\text{вх}}$, отримаємо:

$$\arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) \geq \Delta\varphi,$$

або

$$\arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) \geq \frac{2\pi}{N}.$$

Звідки:

$$N \geq \frac{2\pi}{\arccos\left(\frac{R-h}{R}\right)}. \quad (2.42)$$

На підставі отриманого вище рівняння визначаємо зміни моменту опору для одного зуба (2.39), а для системи зубів зубчастого диска-очисника з урахуванням різних фаз їх взаємодії з ґрунтом можна записати:

$$M_{зк} = \sum_{i=1}^N M_i, \quad (2.43)$$

де $i = 1, 2, 3 \dots N$ порядковий номер зуба.

Підставляючи момент опору для окремого зуба у рівняння (2.43) для зубчастого диска-очисника, маємо:

$$M_{зк} = \sum_{i=1}^N P_{\max} R \cdot \cos \varphi \left| \begin{array}{c} \varphi_{вих} + \Delta\varphi(i-1) \\ \varphi_{вх} + \Delta\varphi(i-1) \end{array} \right. \left(\frac{1}{\lambda} + \cos \varphi \left| \begin{array}{c} \varphi_{вих} + \Delta\varphi(i-1) \\ \varphi_{вх} + \Delta\varphi(i-1) \end{array} \right. \right). \quad (2.44)$$

Зрозуміло, що навантаження від моменту опору діє тільки в обмеженій зоні переміщення зубів у ґрунті $\varphi_{вх\ i} < \varphi < \varphi_{вих\ i}$. Отримане рівняння у вигляді суми моментів описує зміну загального моменту опору на зубчастому дискові-очиснику від усіх зубів, що знаходяться у зчепленні з ґрунтом і рослинними рештками. Рівняння представляє математичну модель роботи диска-очисника як такого, що підкопує та видаляє рослинні рештки з робочого органу, що прокладає шлях для подальшої роботи інших елементів сошника [11].

2.4. Перерізання рослинних решток з обґрунтуванням форми ріжучого елемента

Пререрізання рослинних решток – це наступний етап підготовки поля до прокладання борозни і проведення сівби. При цьому виконуються дві

задачі: очищення зубчастого диска від рослинних решток і направлення їх на бокові сторони борозни для створення сприятливих умов сівби і проростання рослин.

Перерізання рослинних решток може відбуватися тільки після завершення стадії їх видалення і захвату з поверхні поля, тобто після повороту зубчастого диска-очисника на кут ($\varphi_{вих}$). З урахуванням того, що рослинні рештки представляють собою в'язко-пружний матеріал, доцільно процес перерізання забезпечити таким чином, аби він здійснювався з ковзаючою дією ножа. Задача ускладнюється тим, що її математичне вирішення необхідно виконувати, використовуючи рухому систему координат, яка переміщається разом із сошником при сумісній активній дії зубчастого диска-очисника і ножа, як протиріза.

Відомо, що спосіб різання матеріалів визначається кутом різання. Під кутом різання розуміємо кут між вектором швидкості переміщення ріжучого робочого органу і дотичної до лінії, яка описує форму леза. Стосовно ріжучого органу, що розглядається де переміщення пов'язане з обертальним рухом зубів, а ніж закріплений нерухомо відносно сошника, зауважимо, що кут різання утворюється вектором швидкості точки поверхні зуба і дотичною до кривої, що описує форму леза ріжучого елемента (ножа). На (рис. 2.8) представлено схему обґрунтування форми леза ріжучого елемента сошника для прямої сівби, де цей кут – (α).

Для реалізації ковзаючого різання рослинних решток необхідно, щоб частинки перерізуваного матеріалу переміщувалися уздовж леза ріжучого елемента. Дана умова виконується, коли між кутом різання і кутом тертя існує наступне співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \operatorname{tg} \chi, \quad (2.45)$$

де χ – кут тертя рослинних решток по матеріалові леза.

Для цього на першому етапі дослідження необхідно встановити вид закономірності, що описує вектор швидкості переміщення точки поверхні зуба, який транспортує рослинні рештки, а також рівняння дотичної до лінії, яка описує форму леза ріжучого елемента.

На другому етапі необхідно визначити кут, під яким ці вектори пересікаються, і прирівняти цей кут до виконання умови (2.47).

На третьому етапі за відомим кутом перетину вектора швидкості і дотичної необхідно визначити вид самої лінії, що описує форму леза, яке в робочому секторі забезпечує ковзаюче різання рослинних решток.

Розглядаючи довільну точку (A), яка одночасно належить поверхні зуба, що переміщує рослинні рештки, та ріжучому елементові (точка защемлення рослинних решток), рівняння радіуса цієї точки (r_A) в обертовому русі можна записати у вигляді:

$$y = k_1 \cdot x, \quad (2.48)$$

$$\text{де } k_1 = -\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi}.$$

Вектор швидкості колового переміщення точки (A) направлений перпендикулярно до радіуса, тому виходячи із загальних визначень величини кута (Θ) між прямими на площині [137], коли:

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{k_2 - k_1}{1 + k_2 \cdot k_1}, \quad (2.49)$$

де k_2 – коефіцієнт, що його визначаємо і який дорівнює тангенсові кута нахилу вектора швидкості точки (A).

Умовою перпендикулярності є:

$$1 + k_2 \cdot k_1 = 0, \quad (2.50)$$

Звідси:

$$k_2 = \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.51)$$

Тоді рівняння вектора швидкості в загальному вигляді можна записати:

$$y = k_2 \cdot x + l, \quad (2.52)$$

де l – постійна зміщення вектора швидкості вздовж осі x .

Виходячи з побудов, представлених на рис. 2.8, величина постійної (l) дорівнює:

$$l = -r_A \cdot \sin \varphi. \quad (2.53)$$

Тоді, підставивши значення коефіцієнта (k_2) і постійної (l), рівняння вектора швидкості буде мати вигляд:

$$y = -\operatorname{tg} \varphi \cdot x + r_A \cdot \sin \varphi. \quad (2.54)$$

Форму леза ріжучого елемента, що реалізує ковзаюче різання рослинних решток, будемо шукати у вигляді лінії, загальне рівняння якої представляється поліномом другого ступеня:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c, \quad (2.55)$$

де a , b , c – коефіцієнти, що впливають на форму і положення лінії у площині ріжучого елемента.

Дотична до лінії, що описує форму леза представляється рівнянням [140]:

$$Y - y_A = \frac{dy}{dx}(X - x_A), \quad (2.56)$$

де x_A і y_A – координати вибраної довільної точки (A);

X і Y – поточні координати точок дотичної;

$\frac{dy}{dx}$ – похідна, яка визначається для довільної точки (A).

Як видно з (рис. 2.8), координати точки (A) дорівнюють:

$$\begin{aligned} x_A &= r_A \cdot \sin \varphi_A \\ y_A &= r_A \cdot \cos \varphi_A \end{aligned} \quad (2.57)$$

Похідна від рівняння лінії форми леза визначається диференціюванням рівняння (2.55):

$$y' = \frac{dy}{dx} = 2ax + b. \quad (2.58)$$

Підставляючи складові з (2.57) і (2.58) у (2.56), маємо:

$$Y_o - r_A \cdot \sin \varphi_A = (2ax + b)(X_o - r_A \cdot \sin \varphi_A). \quad (2.59)$$

Далі підставляємо значення координати точки (A) в рівняння похідної:

$$Y_o - r_A \cdot \sin \varphi_A = (2a \cdot r_A \cdot \sin \varphi_A + b)(X_o - r_A \cdot \sin \varphi_A). \quad (2.60)$$

Після перетворень і спрощень коефіцієнт при невідомій (X_o) визначається як:

$$k_3 = 2ar_A \cdot \sin \varphi_A + b. \quad (2.61)$$

Виходячи з загальної формули (2.49), для встановлення кута між двома прямими на площині запишемо умову, при якій кут між вектором швидкості і дотичною до лінії форми леза буде зберігати постійне значення. Це кут, при якому відбувається ковзаюче різання рослинних решток визначається:

$$\operatorname{tg} \Theta = \operatorname{tg} \alpha = \frac{k_3 - k_2}{1 + k_3 \cdot k_2}. \quad (2.62)$$

Підставляючи значення k_2 і k_3 із (2.51) та (2.61), можна записати:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2ar_A \cdot \sin \varphi_A + b + \operatorname{tg} \varphi_A}{1 + (2ar_A \cdot \sin \varphi_A + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi_A}. \quad (2.63)$$

Або, враховуючи умову (2.47), маємо:

$$f \leq \frac{2ar_A \cdot \sin \varphi_A + b + \operatorname{tg} \varphi_A}{1 + (2ar_A \cdot \sin \varphi_A + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi_A}. \quad (2.64)$$

Як видно з отриманого виразу, в нього входять невідомі коефіцієнти (a) і (b), а також значення поточного радіуса (r_A) і кута його повороту (φ_A). Для встановлення величини постійних (a) і (b) використовуємо початкові умови, що впливають із граничних значень радіуса і кута його повороту на початку і в кінці фази різання рослинних решток. Зокрема, початок різання може відбуватися після завершення процесу видалення рослинних решток, тобто при $\varphi \geq \varphi_{\text{вих}}$ (рис. 2.9.). При цьому радіус точки різання, що належить одночасно зубу і ріжучому елементу, дорівнює $r=R$.

Через коефіцієнт тертя можна записати:

$$f_1 \geq \operatorname{tg}(\varphi - \gamma - \beta). \quad (2.67)$$

Звідси:

$$\operatorname{arctg} f_1 = \varphi - \gamma - \beta. \quad (2.68)$$

Тоді кут повороту зуба, коли починається зсув рослинних решток (кінець фази різання), визначається за формулою:

$$\varphi = \varphi_{\kappa p} = \gamma - \beta - \operatorname{arctg} f_1. \quad (2.69)$$

Знак рівності в отриманому виразі (2.69) відображає фізичну сутність початку процесу переміщення решток на підставі того, що коефіцієнт тертя спокою більший за величиною, ніж коефіцієнт тертя руху ($f_1 > f$).

Отримано значення кута повороту зубчастого диска, при якому процес різання повинен бути завершеним і починається рух відрізнаних часток рослинних решток по поверхні зуба, відповідає радіусові точки різання $r = r_0$. Тобто, сектор різання обмежується поворотом на кут $\varphi_{\kappa p} - \varphi_{вих}$ і зміною радіусів $R - r_0$, що згідно з (2.2) доцільно, щоб був рівним глибині ходу зуба. Таким чином, уся ширина шару рослинних решток, що захоплюється зубом, повинна перерізатися лезом у межах змін радіуса точки різання від R до $r_0 = r$.

Виходячи з умови ковзаючого різання і параметрів його процесу, для початку фази перерізання решток рівняння (2.64) можна записати таким чином:

$$f = \frac{2a \cdot R \sin \varphi_{вих} + b + \operatorname{tg} \varphi_{вих}}{1 + (2a \cdot R \sin \varphi_{вих} + b) \operatorname{tg} \varphi_{вих}}. \quad (2.70)$$

Для визначення коефіцієнтів (a) і (b) з початкових умов кінця фази різання підставимо параметри $r=r_0$ і значення кута $(\varphi_{к.р.})$ з рівняння (2.69) у рівняння (2.64) та отримаємо:

$$\frac{2ar \cdot \sin(\gamma + \beta + \arctg f_1) + b + tg(\gamma + \beta + \arctg f_1)}{1 + (2ar_A \cdot \cos(\gamma + \beta + \arctg f_1) + b) \cdot ctg(\gamma + \beta + \arctg f_1)} = f. \quad (2.71)$$

Рівняння (2.71) доповнює (2.70) для визначення величин невідомих коефіцієнтів (a) і (b) . Сумісне їх рішення дає величини, які у свою чергу входять у рівняння кривої, що описує форму леза ріжучого елемента.

Рішення рівнянь (2.70) і (2.71) можливо виконувати різними методами. Аналітичний підхід при послідовній підстановці невідомих є складним і проблематичним для практичної реалізації. Простіше рівняння вирішуються чисельним методом з використанням ЕОМ, або графічним при побудові відповідних залежностей.

Для реалізації графічного методу будуються залежності $a=f(b)$ для кожного рівнянь. Пересічення графіків дає загальне рішення, що задовольняє як перше так і друге рівняння.

Отриманні вирази (2.70) і (2.71) можуть бути спрощені за рахунок введенням відповідних заміन:

$$\begin{aligned} A_1 &= 2R \cdot \sin \varphi_{вих}; \\ B_1 &= tg \varphi_{вих}; \\ A_2 &= 2r \cdot \sin(\gamma + \beta + \arctg f_1); \\ B_2 &= tg(\gamma + \beta + \arctg f_1). \end{aligned}$$

Тоді вирішувана система рівнянь для визначення коефіцієнтів (a) і (b) набуває вигляду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{aA_1 + b + B_1}{1 + (aA_1 + b) \cdot B_1} = f, \end{array} \right. \quad (2.72)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{aA_2 + b + B_2}{1 + (aA_2 + b) \cdot B_2} = f. \end{array} \right. \quad (2.73)$$

Звідси залежність між коефіцієнтами для кожного із рівнянь визначається таким чином:

$$a = \frac{1}{A_i} b + \frac{B_i - f}{A_i (B_i \cdot f - 1)}, \quad (2.74)$$

де $i=1, 2$ – індекси номерів коефіцієнтів рівнянь (2.72 і 2.73)

Графічну побудову залежностей згідно з формулою (2.74) для рівнянь системи представлено на рис. 2.10. Графічне рішення не дає високої точності для кінцевого результату, однак для інженерних потреб може бути використано при практичному проектуванні ріжучих робочих органів. Більш точний результат може бути отриманий при використанні числових методів розрахунку, які реалізуються на ЕОМ. Такий підхід вимагає відповідного програмування і рішення задачі в циклі підбору значень коефіцієнтів (a_0) і (b_0), що відповідають сумісному рішення.

Отримані значення коефіцієнтів підставляються в рівняння (2.55) для визначення залежності, що описує форму леза:

$$y = a_0 \cdot x^2 + b_0 \cdot x + c_0. \quad (2.75)$$

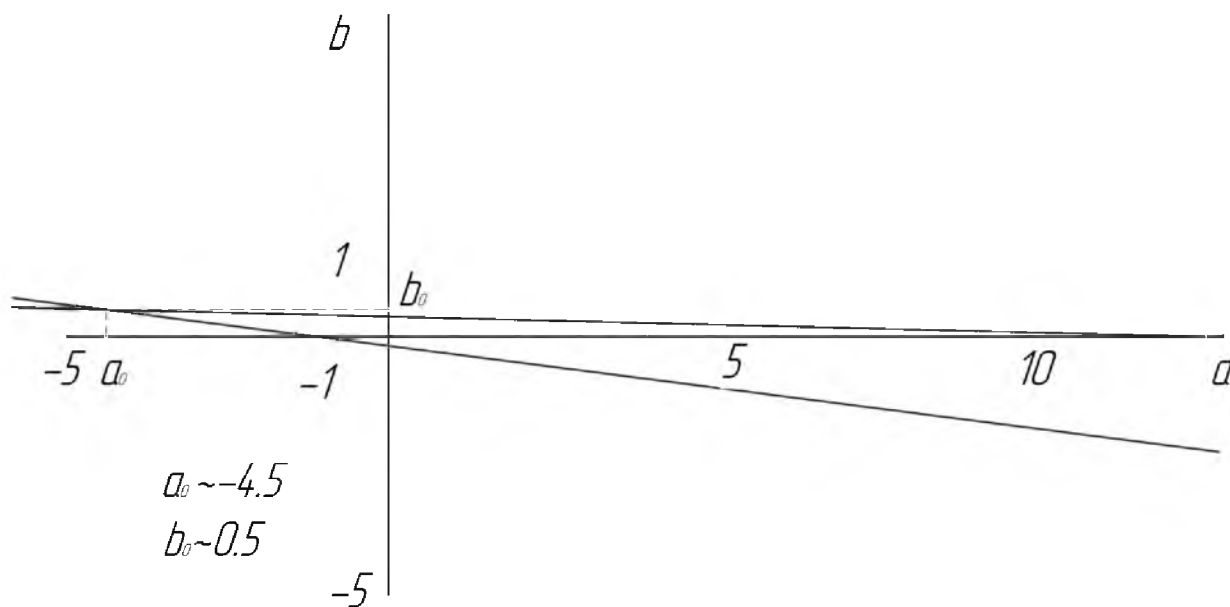


Рис. 2.10 Графічне рішення системи рівнянь (2.72 і 2.73) при ($R=200$ мм; $h=50$ мм; $\gamma=41^\circ$; $\beta=15^\circ$; $f=0,25$)

Коефіцієнт c_0 визначається з умови, коли $x=0$. Тоді $y = c_0$ і характеризує зміщення ріжучого елемента уздовж осі (y). Це зміщення може бути уточнено конструктивно, виходячи з загальної компоновки конкретного зубчастого робочого органу сошника для прямої сівби. Але необхідною умовою проектування робочого органу повинно бути те, що фаза різання настає тільки після видалення і підводу рослинних решток до ріжучого елемента [141].

Проектування ріжучого елемента сошника прямої сівби ще в більшою мірою може бути спрощеним при допущенні, що точка різання (А) (рис. 2.8) переміщується по поверхні зуба з деякою постійною швидкістю, тобто її рух розглядається як рівномірний. Тоді, сектор різання можна розділити на рівні ділянки кутового кроку ($\Delta\varphi_p$), а радіус на стільки ж ділянок зміни радіуса (Δr) у межах від (R) до (r_0). У точках перетину кіл і радіусів будуються вектори швидкості (V), під кутом (α) до яких, установлюються дотичні τ - τ . Сукупність дотичних визначає форму ріжучого робочого органу (додаток В).

Висновки

1. Сошник для прямої сівби представляє собою складну багатофункціональну конструкцію, ефективність роботи складових якої в першу чергу залежить від зубчастого диска-очисника, що прокладає шлях для борозноутворювача.
2. Кут входження зуба диска-очисника змінюється нелінійно, залежно від глибини його ходу у ґрунті. Збільшення глибини обробітку приводить до зменшення значень кута входу, зменшення радіуса диска також зменшує величину відповідного кута входження.
3. Виявлено, що кут установки зуба диска-очисника пов'язаний з кутом його входження у ґрунт зворотною тангенціальною залежністю.
4. Момент опору на зубчастому дискові-очиснику описується сумою моментів (2.44), що представляє собою математичну модель зміни зусиль від дії робочого органу по підготовці ґрунту для видалення рослинних решток.
5. Оптимальною формою ріжучого елемента сошника є така, що забезпечує ковзаюче різання рослинних решток і може бути отримана шляхом вирішення рівнянь (2.72) і (2.73) чисельним або графоаналітичним методом при відповідних спрощеннях.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сошники для прямої сівби працюють у складних умовах при видаленні, подрібненні та очищуванні смуги-борозни від рослинних решток. Виконання цих операцій необхідне для прокладання шляху борозноутворювачові, на попередньо необробленому полі. Мета експериментальних досліджень полягає у доповненні результатів теоретичного аналізу взаємодії елементів сошника, уточненні впливу факторів середовища та умов експлуатації на показники якості виконання технологічного процесу висіву насіння в необроблене поле.

Експериментальні дослідження виконуються також для перевірки результатів теоретичних припущень і отримання даних та показників ефективності роботи запропонованого комбінованого сошника.

3.1. Програма експериментальних досліджень

Програмою експериментальних досліджень передбачається:

- установлення раціональних умов входження і переміщення зуба у ґрунті при зміні конструктивних параметрів диска-очисника;
- виявлення зміни моменту опору при видаленні і транспортуванні рослинних решток залежно від кута повороту зубчастого диска-очисника і кута установки зуба;
- визначення ефективної форми ріжучого елемента, встановлення закономірності зміни крутного моменту, що забезпечує мінімальний опір різанню рослинних решток в періоди подачі, перерізання та направлення їх у міжборозневий простір;
- оцінка енергетичних та якісних показників роботи комбінованого сошника при проведенні прямої сівби зернових культур.

3.2 Методика визначення раціональних конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника

Експериментальні дослідження по визначенню раціональних значень конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника проводяться в лабораторних умовах за допомогою спеціального пристрою, що встановлюється на візок у ґрунтовому каналі. Ґрунтовий канал кафедри СГМ КНТУ представляє собою місткість прямокутного перерізу, заповнену ґрунтом у верхній частині каналу. Для руху візка прокладено рейки, по яких рухається візок із дослідним зразком.

Мета проведення даного експериментального дослідження – виявлення впливу кута установки зуба (γ) на енергетичні параметри взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом, при яких мінімізуються затрати зусиль на виконання технологічного процесу. При цьому встановлюються залежності зміни крутного моменту обертання від кута повороту зубчастого диска-очисника. Експерименти проводяться для кутів установки зуба (γ), величини яких попередньо визначені на основі раніше проведених теоретичних досліджень (розділ 2). Зусилля на переміщення робочого органу вимірюються за допомогою спеціально розробленої установки, що фіксує величину крутного моменту.

Схему пристрою з елементами регулювання для визначення раціональних параметрів зубчастого робочого органу представлено на (рис. 3.1).

На початку дослідження тяговий візок фіксується так, щоб він не міг під зусиллям заглиблення зуба переміщуватись. За допомогою ручки зміни глибини руху зуб опускається з коливальним рухом навколо осі (О) (рис. 3.2) до тих пір, поки не буде торкатися поверхні ґрунту. При цьому на міліметровій шкалі відмічається нульова точка заглиблення. Надалі зуб повертаємо на деякий кут (φ) та опускаємо на задану в досліді глибину (h).

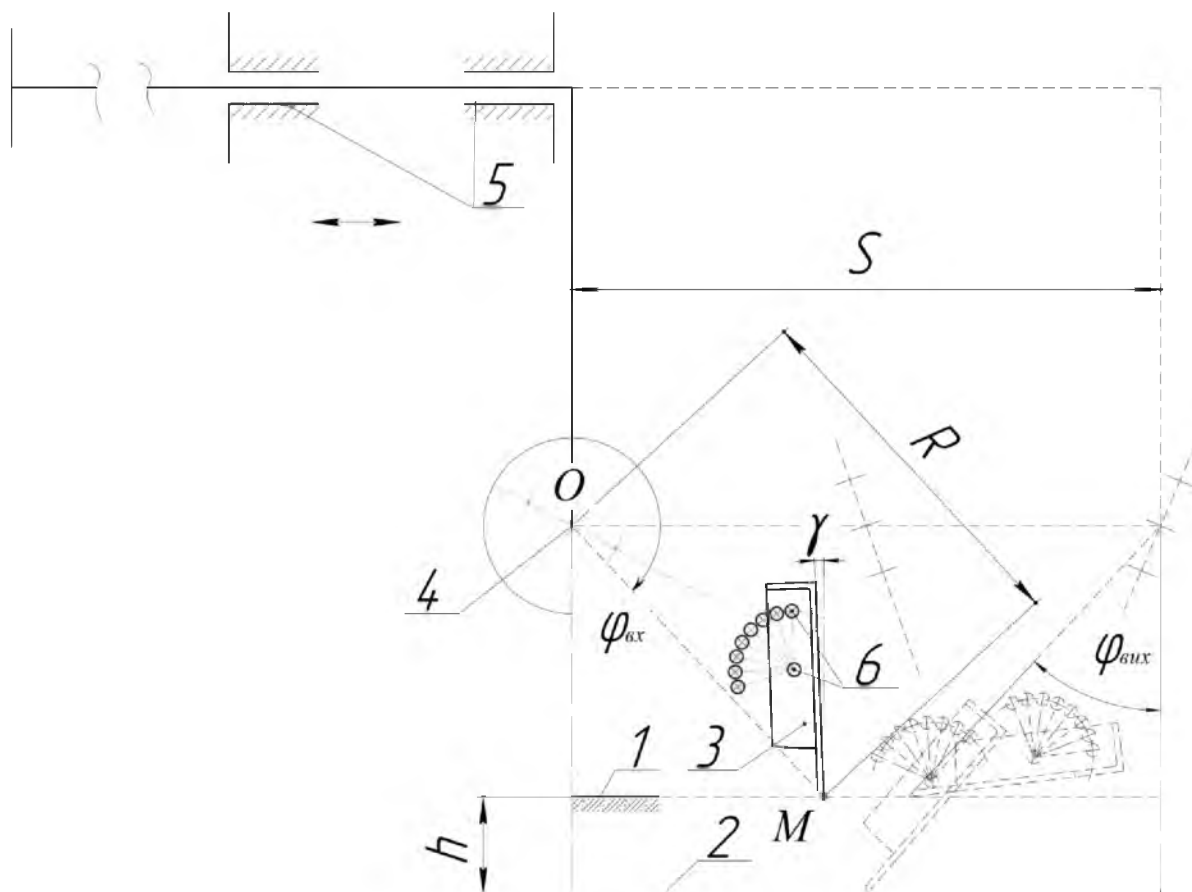


Рис. 3.1 Схема пристрою для дослідження параметрів входження і переміщення зуба диска-очисника у ґрунті з реєстрацією моменту опору:

1 – денна поверхня горизонту при переміщенні зуба на глибині (h);
 2 – дно переміщення зуба; 3 – зуб; 4 – центр (O) радіуса обертання (R);
 5 – кріплення пристрою для вільного лінійного переміщення (S) у горизонтальній площині; 6 – отвори, за допомогою яких змінюється кути (γ)

Один з важливих конструктивних параметрів робочого органу – це радіус (R) (рис. 3.1), який може змінюватися за допомогою перестановки осі обертання O .

У процесі експерименту також фіксується шлях, пройдений робочим органом, починаючи від входження зуба у ґрунт і закінчуючи моментом виходу його з ґрунту. Досліди проводяться на різних глибинах входження зуба у ґрунт (h) і різних радіусах розташування зуба (R) при стабільних умовах експерименту: вологість ґрунту, щільність, твердість.

Глибина ходу зуба у ґрунті встановлюється за допомогою спеціального регулятора. При русі контролюється стабільність цієї величини.

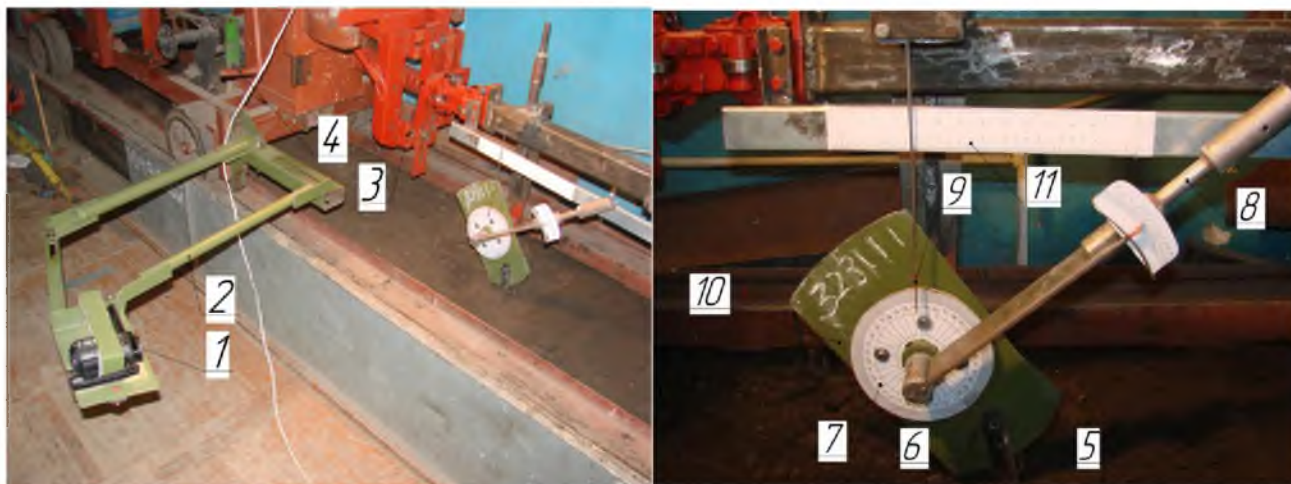


Рис. 3.2 Установка для дослідження та вибору раціональних умов входження і переміщення зуба зубчастого диска-очисника з реєстрацією моменту опору в ґрунті:

1 – відеокамера; 2 – кронштейн для кріплення і переміщення відеокамери; 3 – механізм для лінійного переміщення кріплення системи зуба та центра його обертання; 4 - регулятор заглиблення; 5 – зуб; 6 – різьбова пара, за допомогою якої змінюється кут γ ; 7 – циферблат для реєстрації кута повороту (φ); 8 – динамометричний ключ; 9 – стрілка для визначення кута повороту (φ) і переміщення; 10 – диск; 11 – шкала переміщення центра обертання

Варіації по величині заглиблення зуба у ґрунті вибираються з урахуванням агрономічних вимог [142, 143] і складають такий ряд значень $h=h_1=35$ мм; $h=h_2=50$ мм; $h=h_3=65$ мм.

Виходячи з початкової доцільності розробки зубчастого робочого органу, вибираються такі значення радіусів обертання зуба зубчастого робочого органу $R=R_1=170$ мм; $R=R_2=195$ мм; $R=R_3=220$ мм.

Кут повороту (φ) зубчастого робочого органу визначається по шкалі 7, закріплений по центру обертання за допомогою стрілки 9 (рис. 3.2).

Зусилля входження і переміщення зуба у ґрунті вимірюються за допомогою динамометричного ключа 8 (рис. 3.2) шляхом прикладання крутного моменту в центр обертання зубчастого робочого органу.

Результати замірів фіксуються у вигляді відеозапису, обробка якого дає можливість встановити як початкові значення моменту опору при входженні зуба у ґрунт, так і зміни його при переміщенні. Таким чином отримано залежності виду (3.1):

$$M=f(\varphi). \quad (3.1)$$

Обробка отриманих залежностей відкриває можливість оцінити енергетичні показники роботи зубчастого диска-очисника, зокрема роботу та потужність при виконанні технологічного процесу створення передумов для прокладання борозни. У результаті встановлення залежності впливу основних конструктивних параметрів робочого органу (кута установки зуба γ , радіуса обертання зуба R , глибини ходу h) на енергетичні показники процесу і виявляємо їх раціональні значення.

Для фіксації даних досліджень у динаміці процесу взаємодії зуба диска-очисника з ґрунтом використовується швидкісна відеокамера SAMSUNG VP-HMX 10 з частотою зйомки 50 кадрів за секунду, яка встановлюється на кронштейні з площадкою (рис. 3.2).

Результати замірів зусиль на робочому органі і шляху його переміщення представляються у вигляді відповідних початкових замірів. Дослідження проводяться у п'яти кратній повторюваності, результати експериментів обробляються відомими методами математичної статистики.

Для проведення лабораторних випробувань використовується відповідна методика підготовки та контролю параметрів ґрунту, а саме твердості та вологості [144]. Необхідна вологість ґрунту досягається початковим спущуванням і зволоженням його вздовж каналу. Після витримки деякого періоду часу ґрунт знову спущується і перемішується.

Контроль вологості ґрунту забезпечується методом взяття проб із використанням бюкс, голчастого бура, сушильної шафи і технічних терезів.

Для визначення твердості ґрунту на невеликих глибинах використовуються гідравлічний твердомір (рис. 3.3) з добавленим наконечником, який має діаметр $D=28$ мм. Розрахунок твердості (q) проводиться (3.2):

$$q = P_a \cdot / S_n \cdot h_a, \quad (3.2)$$

де P_a – сила, яка відповідає межі лінійної пропорційності, Н;

S_n – площа поперечного перерізу наконечника, см^2 ;

h_a – вдавлення наконечника у ґрунт, см [145].



Рис. 3.3 Твердомір ґрунту гідравлічний

3.3 Методика визначення коефіцієнтів тертя рослинних решток по поверхнях леза ріжучого елемента

Необхідність визначення величин коефіцієнтів тертя торцевих поверхонь (зрізів) рослинних решток по сталевих поверхнях матеріалу,

обумовлена розробкою раціональної форми леза, яка реалізує ковзаюче різання. Для цього використано спеціальну установку, що становить сталеву поверхню зі змінним кутом нахилу відносно горизонту (рис. 3.4) [146].

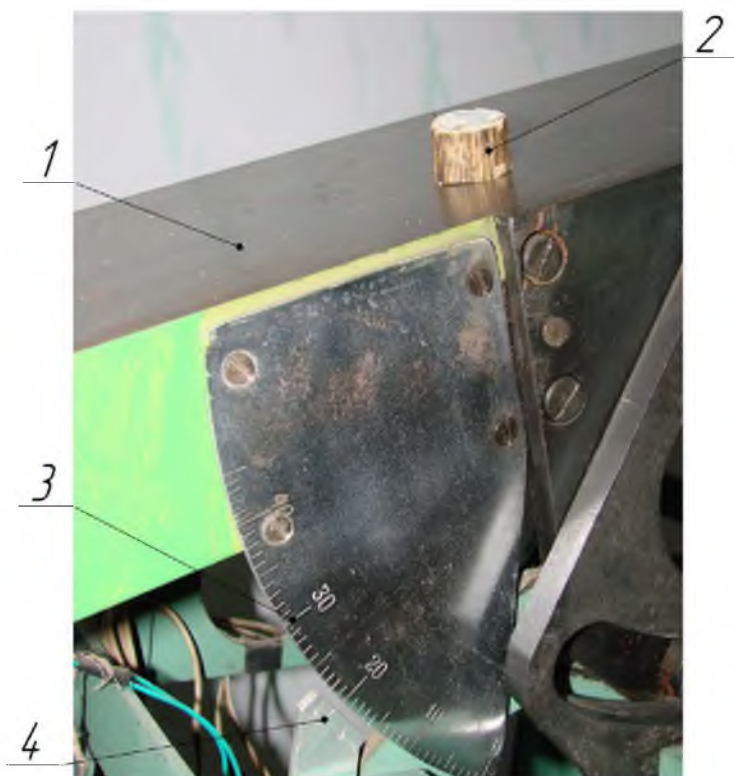


Рис. 3.4 Лабораторна установка для визначення коефіцієнта тертя матеріалів по сталі:

- 1 - похила сталева поверхня;
- 2 - дослідний зразок рослинного матеріалу;
- 3 - шкала відліку;
- 4 - точка відліку

Зразки рослинних решток для проведення досліджень представлені на рис. 3.5.

Коефіцієнт тертя визначається по тангенсу кута нахилу сталевій поверхні в момент, коли зразок рослинних решток починає рухатися по поверхні (2.46).



а



б



в



г

Рис. 3.5 Зразки рослинних решток для визначення коефіцієнта тертя:

а – пшениці; б – пирію; в – соняшника; г – кукурудзи

Результати замірів використовуються при проектуванні форми леза ріжучого елемента робочого органу очистки [146].

3.4 Методика визначення моменту опору різанню рослинних решток для перевірки ефективної форми ріжучого елемента робочого органу

Перевірка працездатності і ефективності роботи ріжучого ножа сошникового робочого органу проводиться на спеціально розробленому стенді, що реалізує захоплення стебел, переміщення їх до ріжучого елемента та їх руйнування. Зовнішній вигляд стенда представлено на рис. 3.6.

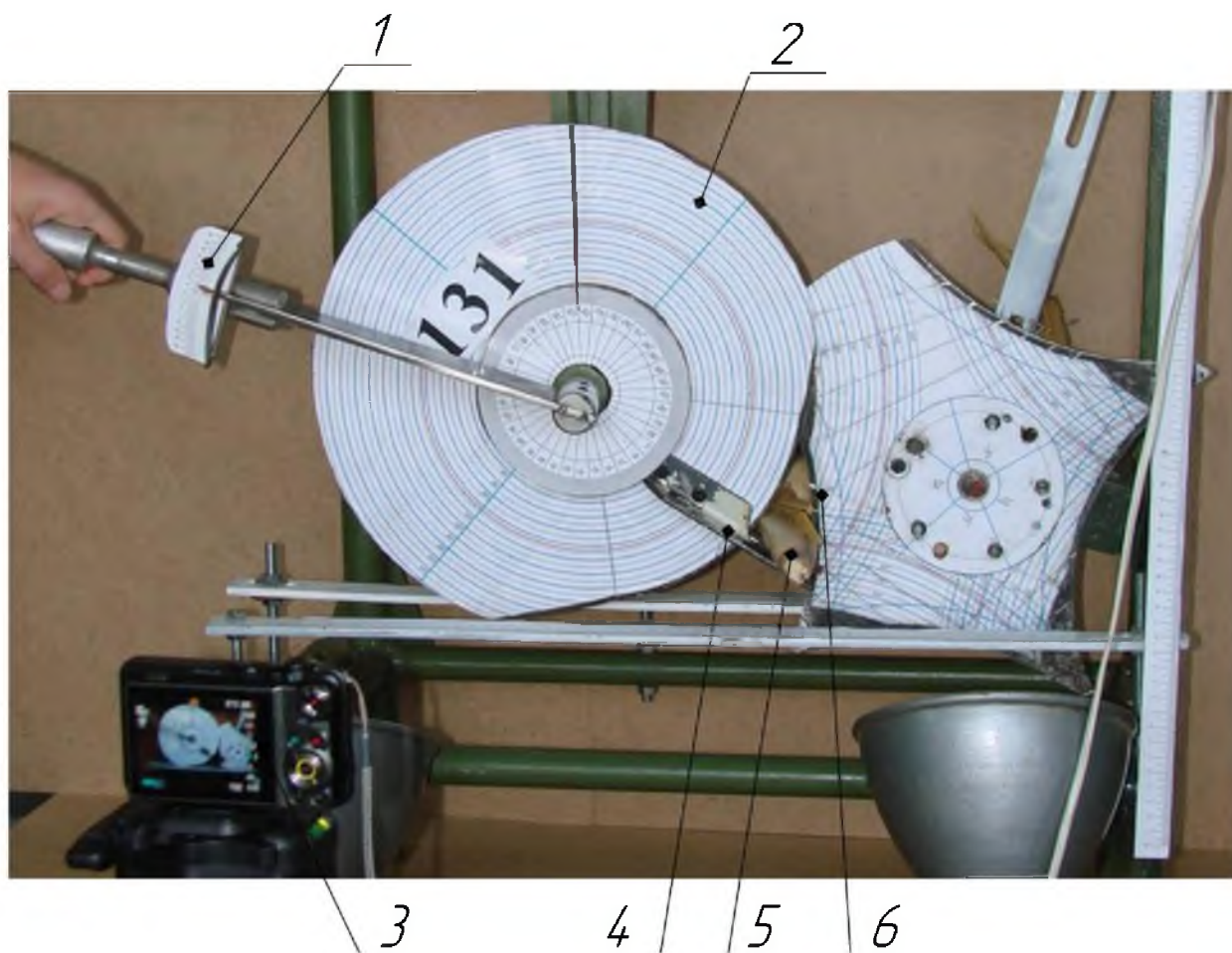


Рис. 3.10 Стенд для вивчення процесу різання стебел рослинних решток:

1 - динамометричний ключ; 2 - диск; 3 - відеокамера; 4 - зуб;
5 - рослинні рештки; 6-ріжучий ніж

Стенд складається з рухомого диска 2, на якому під кутом (γ) встановлено зуб 4. При обертотому переміщенні диска зуби захоплюють рештки 5 і підводять їх до леза ріжучого ножа 6. Прикладені зусилля різання відображаються на шкалі 1 і фіксуються в динаміці змін відеокамерою 3. Таким чином, на стенді отримуються залежності зміни моменту опору різання від кута повороту диска для різних значень кутів різання (α). Отримані дані покладено в основу побудови графічних залежностей змін енергетичних параметрів процесу перерізання стебел від конструктивних параметрів робочого органу. Аналіз залежностей дає змогу вибору раціональних значень кутів різання для стебел рослин різних культур, тобто визначення ефективного способу їх різання, отже з меншими витратами енергії.

Зміна лез дає можливість визначити оптимальні значення кута (α), що виконує процес перерізання стебел.

Якість зрізу оцінюється візуально, за станом торцевих поверхонь стебел [147].

3.5 Методика оцінки якості виконання технологічного процесу

Перевірка виконання технологічного процесу здійснюється в кількох етапах: основу першого етапу становить спільної робота диска-очисника та ножа з ґрунтом у ґрунтовому каналі (рис. 3.11), наступного етапу – робота робочих органів очистки у комплексі з сошником для «прямого посіву КНТУ» у ґрунтовому каналі (рис. 3.12) та на дослідному полі КНТУ (рис. 3.13), на завершальному етапі здійснюється порівняння дослідного зразка з серійним робочим органом очистки в господарських умовах.

Перевірка спільної роботи диска-очисника з ножом у ґрунтовому каналі виконується в екстремальних умовах з підвищеною вологістю 20 – 27%, твердістю ґрунту – 1,97–3,9 МПа, мінімальною швидкістю та при насиченій поверхні рослинними рештками (рис. 3.11).

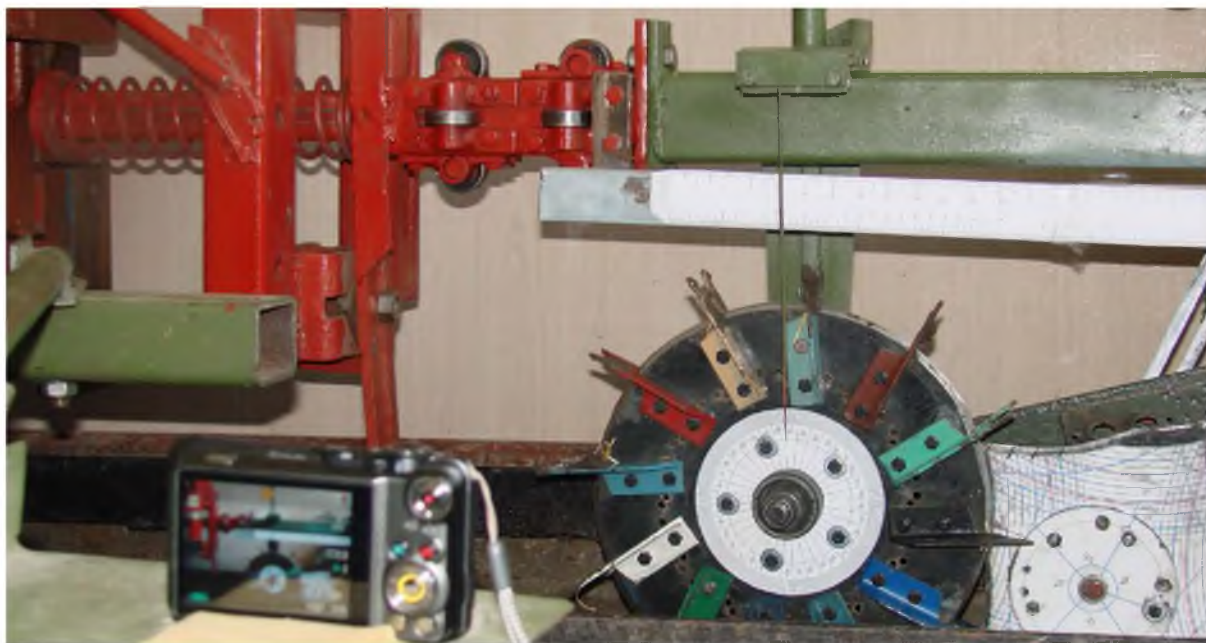


Рис. 3.11 Робочий орган очистки в складі диска-очисника з ножом в ґрунтовому каналі



Рис. 3.12 Візок з електромеханічним приводом для дослідження посівних і ґрунтообробних робочих органів у складі з сошником для «прямої сівби КНТУ» [148]



Рис. 3.13 Дослідний машинно-тракторний агрегат з мінісівалкою, укомплектованою сошниками для «прямої сівби КНТУ»

Дослідження в польових умовах рядової експлуатації проводяться для виявлення працездатності запропонованого робочого органу. Кількісна оцінка якості роботи виконується шляхом порівняння із закордонною сівалкою для прямої сівби «Great Plains CPN 2000» (США) по точності загортання насіння у борозні та врожайності.

Висів виконувався сівалкою «Great Plains CPN 2000» (США), де було замінено два гофрованих диски двома робочими органами очистки борозни від рослинних залишків, а саме диском-очисником у поєднанні з ножем. Сошники на даних рядках не замінювались, залишалися серійні, з метою виконання порівняльного аналізу безпосередньо процесу створення

передумов для прокладання борозни гофрованим диском та диском-очисником з ножем.

Оцінка ефективності використання експериментальних робочих органів виконувалася за такими параметрами: місце розташування рослинних залишків у борозні, динаміка появи сходів висіяної культури та врожайність.

Дослідження запропонованої сівалки проводяться на необробленому полі, з якого попередньо визначаються основні характеристики ґрунту (твердість, вологість, щільність розташування рослинних залишок) згідно з описаною методикою в [143].

Важливим параметром оцінки якості висіву з дослідним робочим органом є глибина загортання насіння. Тому для виявлення глибини загортання борозна після проходу сівалки розгортається, верхній шар ґрунту знімається і виконується вимірювання глибини загортання насіння.

Отримані дані в кількості не менше 100 замірів обробляються статистично, при цьому де визначаються основні характеристики випадкової величини глибини загортання, а саме:

- середня глибина загортання насіння;
- середнє квадратичне відхилення від середньої глибини загортання;
- коефіцієнт варіації.

На підставі отриманого масиву даних будуються гістограми і полігони розподілу глибини загортання та виявляється закон розподілу, який найбільш адекватно відповідає результатам експериментальних досліджень.

Дослідження повторюються для різних типових фонів поверхні поля, де доцільне використання прямого посіву, та при вирощуванні різних зернових культур.

Отримані значення статистичних характеристик якості роботи дослідного комбінованого робочого органу співставляються з еталонним зразком сівалки «Great Plains CPN 2000» (США), після чого робляться

висновки стосовно працездатності та ефективності роботи запропонованого робочого органу.

Додатковою і важливою оцінкою його роботи служать результати спостереження стосовно дружності проростання рослин, що визначаються візуально і підраховуються за встановлений період часу вегетації. За цими даними складаються прогнозні характеристики щодо одночасності строків дозрівання рослин, одночасності їх збору і можливих виграшів у зменшенні втрат врожаю.

Основний показник якості прямої сівби – урожайність, яка визначається за стандартною методикою.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ І ЯКОСТІ ФОРМУВАННЯ БОРОЗНИ ПРИ ПРЯМІЙ СІВБІ

Експериментальні дослідження проводилися з метою перевірки та підтвердження результатів теоретичних передумов взаємодії робочих органів сошника з необробленим ґрунтом, а також для доповнення результатів аналітичних досліджень експериментальними даними.

Дослідження виконувалися частково в лабораторних умовах на експериментальному обладнанні кафедри СГМ КНТУ, що імітувало реальні навантаження, швидкості переміщення і фізико-механічні властивості ґрунту та рослинних решток на полі, а також під час польових випробовуваннях експериментального робочого органу для створення передумов прокладання борозни сошником на полях ТОВ «Нива-2010».

4.1 Дослідження енергетичних показників і встановлення раціональних параметрів зубчастого робочого органу

Зубчастий робочий орган виконує основну роботу по видаленню та очищенню від рослинних решток борозни на необробленому полі. Оскільки він не має окремого активного приводу, а здійснює свою роботу від тягового зусилля енергоносія (трактора), то кінематиці його руху у процесі переміщення та вибору основних конструктивних параметрів, які визначають узгоджену взаємну дію з іншими елементами конструкції, приділено особливу увагу.

Оцінку енергетичних показників роботи зубчастого робочого органу проведено в лабораторних умовах ґрунтового каналу кафедри СГМ КНТУ згідно з методикою, що викладена у третьому розділі даної роботи.

У результаті проведення початкової серії дослідів встановлено вплив кута установки зуба (γ) на величину роботи, яка виконується при розпушуванні моноліту ґрунту і прокладанні в ньому смуги для подальшого

проходження сошника. Отримані графічні залежності представлено на (рис. 4.1).

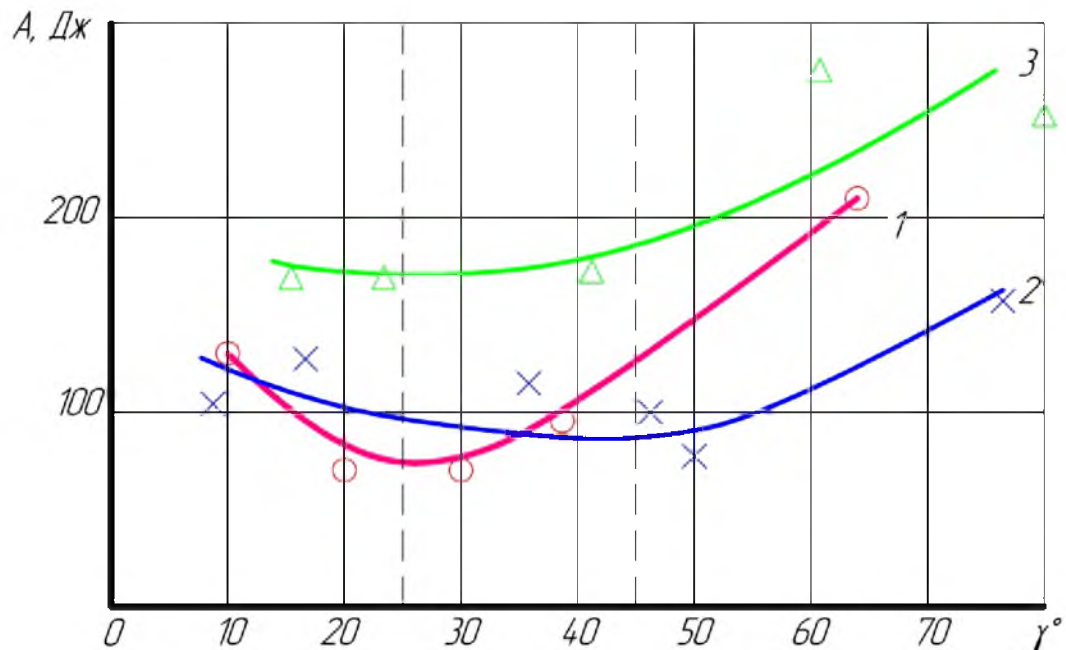


Рис. 4.1 Вплив кута установки зуба (γ) диска-очисника на величину роботи (A) по розпушуванню ґрунту при ($R=R_1=170$ мм) та різних рівнях заглиблення:

1 - $h_1=35$ мм; 2 - $h_2=50$ мм; 3 - $h_3=65$ мм

Як видно з графіків, залежності носять нелінійний характер і для всіх досліджених рівнів заглиблень мають екстремум-мінімум. Найменші значення витраченої зубом роботи на розпушення ґрунту знаходиться в межах $\gamma = 25^\circ \dots 45^\circ$.

При менших показниках кута установки (γ) величина затраченої роботи збільшується. Особливо це відчутно при заглибленні $h_1=35$ мм. При кутах установки більших за оптимальні величина роботи також збільшується, але дещо повільніше. Суттєвий приріст сумісної роботи спостерігається на глибині $h_3=65$ мм. Це відповідає фізичній сутності процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом більшого об'єму.

Важливою енергетичною характеристикою роботи зубчастого диска-очисника може бути потужність розпушення ґрунту. Враховуючи, що час взаємодії зуба з ґрунтом залежить від довжини дуги проходу його в ґрунті, а значить від кута входження $\varphi_{\text{вх}}$ і кута виходу $\varphi_{\text{вих}}$ з ґрунту, потужність в деякій мірі може виступати як питома величина, яка краще характеризує рівень досконалості конструкції робочого органу.

За результатами відеозапису визначено періодження проходу зуба у ґрунті при всіх режимах досліджень (рис. 4.2). Це дало змогу розрахувати усереднені значення потужності, як результат відношення величини роботи до часу взаємодії зуба з ґрунтом. За отриманими даними побудовано відповідні залежності, які представлені на (рис. 4.3).

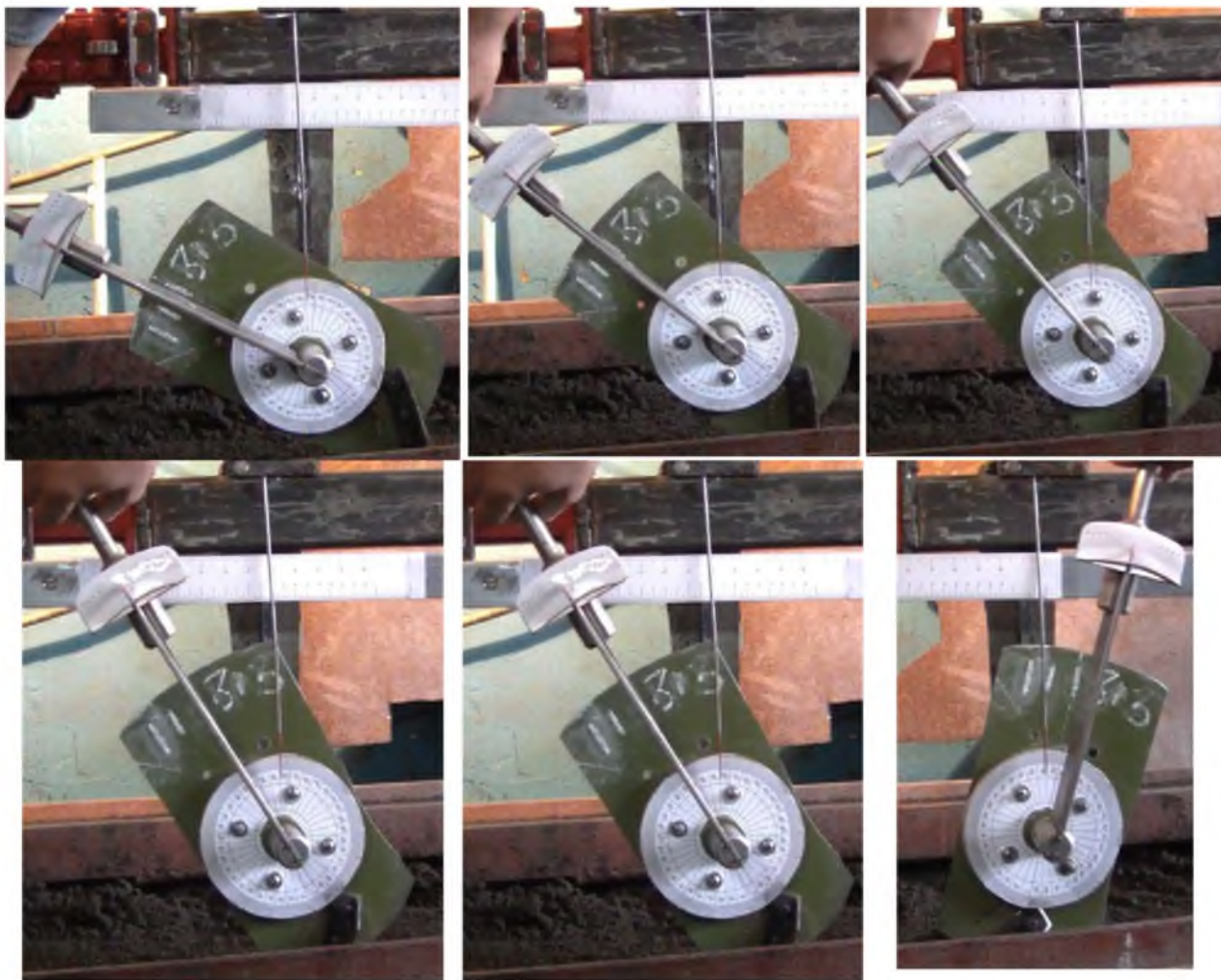


Рис. 4.2 Кадри відеозапису процесу переміщення зуба у ґрунті від кута входження $\varphi_{\text{вх}}$ і до кута виходу $\varphi_{\text{вих}}$ при $h_3 = 65$ мм; ($R=R_1=170$ мм); $\gamma = 15^\circ$

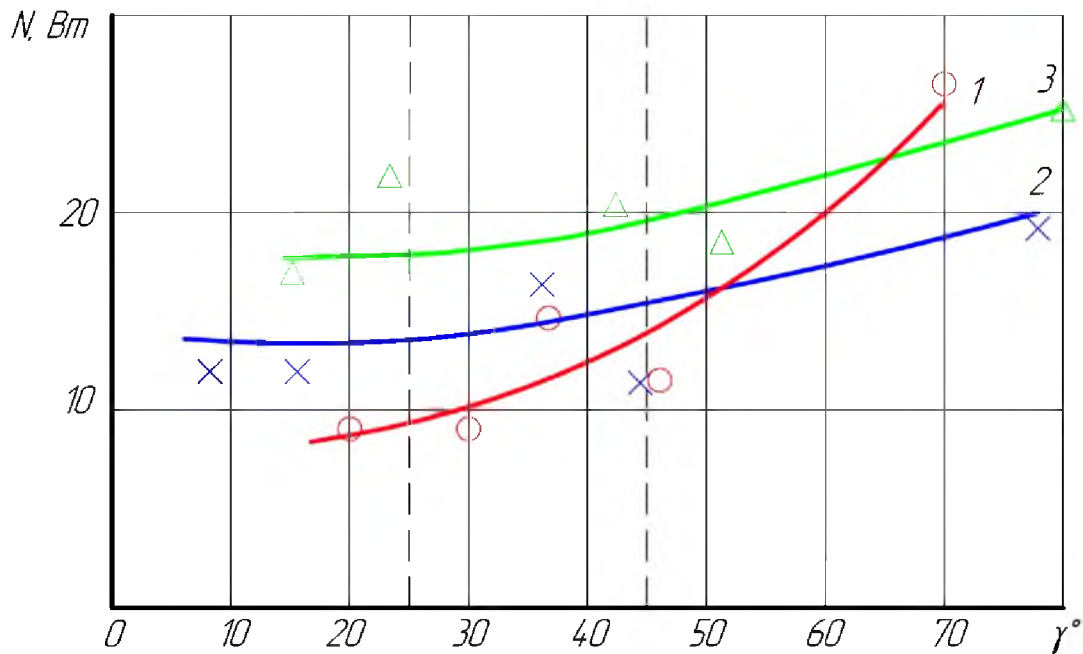


Рис. 4.3 Зміна потужності (N) залежно від кута установки зуба (γ) при ($R=R_1=170$ мм) та різних рівнях заглиблення у ґрунт:

1 - $h_1=35$ мм; 2 - $h_2=50$ мм; 3 - $h_3=65$ мм;

Із даних залежностей видно, що для всіх значень заглиблення (h) зі збільшенням кута установки зуба потужність зростає. Причому інтенсивніше це відбувається для невеликої глибини проникнення зуба у ґрунт ($h_1=35$ мм). При його входженні на більші глибини вплив кута установки на потужність суттєво зменшується.

Таким чином, можна вважати, що при радіусі дискового зубчастого робочого органу ($R_1=170$ мм) раціональні значення кута установки знаходяться в інтервалі ($\gamma = 25^\circ \dots 45^\circ$).

Доцільним вважаємо проведення досліджень по визначенню раціональних значень кута установки для зубчастих робочих органів при збільшенні їх діаметрів.

Так, на (рис. 4.4) показано графіки впливу кута установки (γ) на величину роботи, що виконується зубом, розташованим на радіусі ($R=R_2=195$ мм) від центра обертання.

Характер кривих, порівняно з попереднім дослідженням (рис. 4.1), не змінюється, що підкреслює узагальненість отриманих результатів. Для всіх рівнів заглиблень криві мають мінімум. Зона раціональних значень кута установки зуба практично, мало відрізняється від попередніх, але вона дещо звужилася, а саме до інтервалу $\gamma = 25^\circ \dots 42^\circ$.

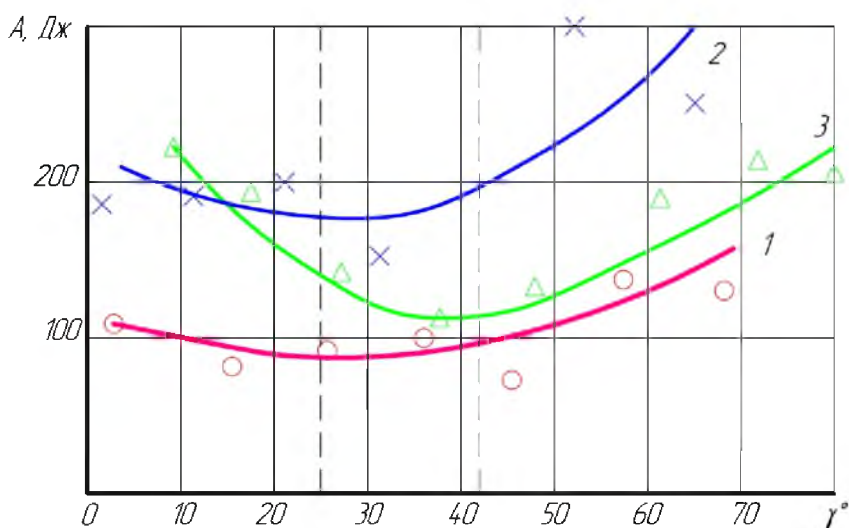


Рис. 4.4 Вплив кута установки зуба (γ) диска-очисника на величину виконаної роботи (A) по розпушування ґрунту при ($R=R_2=195$ мм) та різних рівнях заглиблення:

1 - $h_1=35$ мм; 2 - $h_2=50$ мм; 3 - $h_3=65$ мм

Розрахунково-експериментальні дані стосовно затраченої потужності на прокладання смуги зубчастим робочим органом для досліджуваного зуба представлені графічно на (рис. 4.5).

Для двох попередніх глибин потужність зі збільшенням кута установки поступово зростає і тільки для глибини $h_3=65$ мм вона має мінімум у межах значення $\gamma=50^\circ$.

Подальше вивчення впливу збільшення діаметра зубчастого диска на енергетичні показники його роботи проведено при розташуванні робочого зуба з радіусом обертання навколо власної осі $R=R_3=220$ мм. Величини радіусів обертання вибрані з урахуванням доцільності конструктивних

параметрів робочого органу, а вивчення їх впливу необхідне для енергетичної оцінки його роботи.

Дані отриманих результатів досліджень представлено на (рис. 4.6).

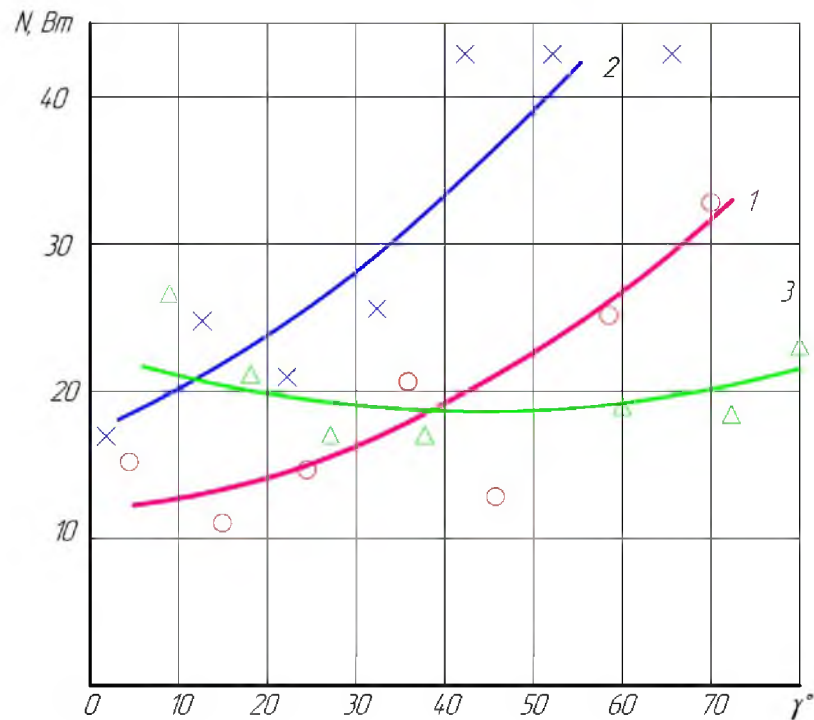


Рис. 4.5 Зміна потужності (N) залежно від кута установки зуба (γ) при ($R=R_2=195$ мм) та різних рівнях заглиблення у ґрунт:

1 - $h_1=35$ мм; 2 - $h_2=50$ мм; 3 - $h_3=65$ мм;

Збільшення радіуса обертання крайньої точки зуба до $R=R_3=220$ мм не привело до суттєвих принципових змін у характері розподілу величин роботи. Як видно з отриманих залежностей (рис. 4.6), вони, як і в попередніх випадках, носять екстремальний характер з мінімумами для кожного заглиблення зуба. В цілому мінімальні затрати роботи знаходяться в інтервалі значень кутів установки зуба $\gamma = 18^\circ \dots 38^\circ$.

Результати досліджень зміни потужності на зубі при руйнуванні ґрунту в залежності від кута його установки представлено на (рис. 4.7).

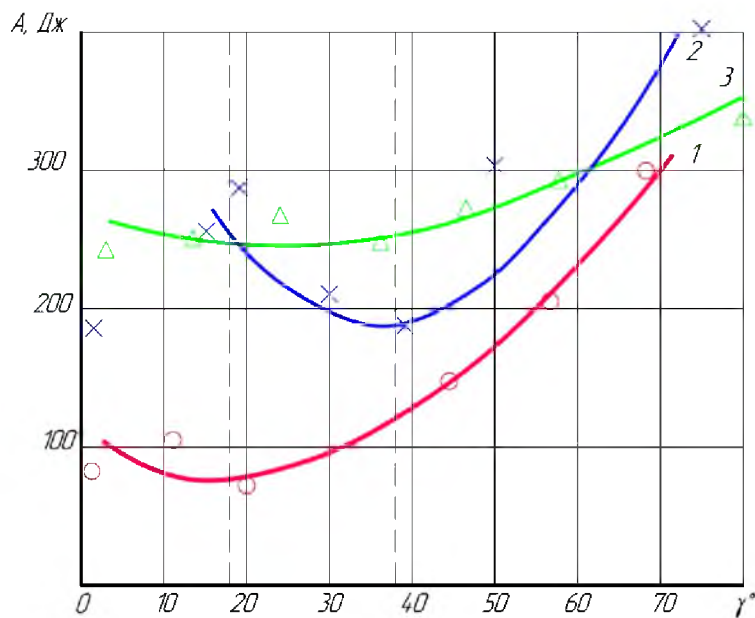


Рис. 4.6 Вплив кута установки зуба (γ) диска-очисника на величину виконаної роботи (A) по розпушуванню ґрунту при ($R=R_3=220 \text{ мм}$) та різних рівнях заглиблення: 1 - $h_1=35 \text{ мм}$; 2 - $h_2=50 \text{ мм}$; 3 - $h_3=65 \text{ мм}$

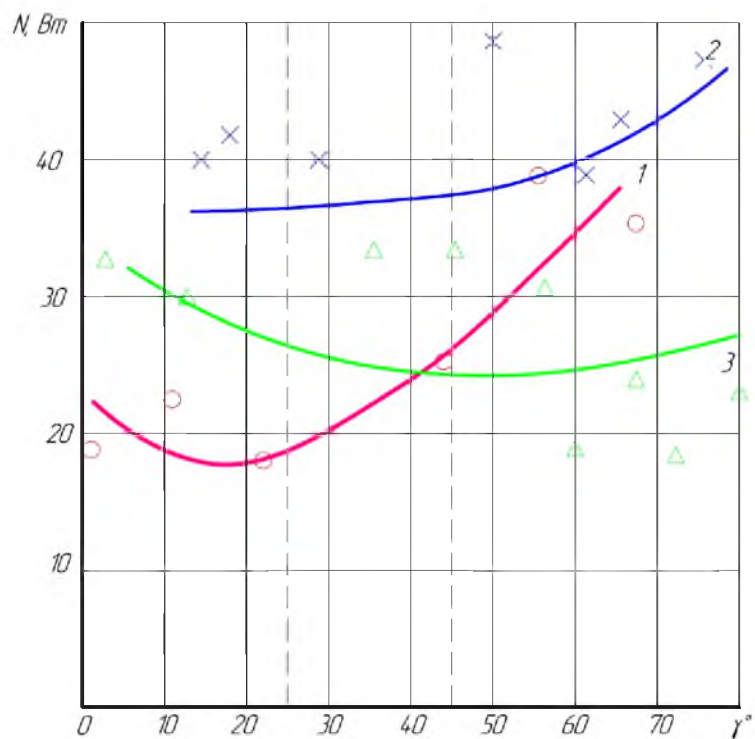


Рис. 4.7 Зміна потужності (N) залежно від кута установки зуба (γ) при ($R=R_3=220 \text{ мм}$) та різних рівнях заглиблення у ґрунт:

1 - $h_1=35 \text{ мм}$; 2 - $h_2=50 \text{ мм}$; 3 - $h_3=65 \text{ мм}$

При невеликому значенні заглиблення $h = h_1 = 35$ мм зуба потужність спочатку спадає, досягаючи мінімуму при куті встановлення $\gamma \approx 20^\circ$, а потім достатньо швидко починає збільшуватися. Подібний характер зміни потужності спостерігається і при збільшенні глибини до $h = h_2 = 50$ мм, але екстремум значення кута установки зуба стає не виразним, а краї кривої – більш пологі. Крива, отримана на найбільшій глибині $h = h_3 = 65$ мм, дещо відрізняється від попередніх кривих. Вона має достатньо широку зону значень кута встановлення зуба, при якій спостерігається мінімум потужності, спрямованій на виконання процесу підкопування рослинних решток.

Проведені дослідження зі всією очевидністю доводять, що кут установки зуба на робочому органі для прокладання первинної смуги в необробленому ґрунті суттєво впливає як на технологію виконання робіт, так і на енергетичні параметри цього процесу. Згідно з отриманими результатами експериментів раціональні значення кута установки зуба з урахуванням різних глибин нарізання смуги знаходяться в межах $\gamma = 25^\circ \dots 45^\circ$.

Отримані експериментальні результати дещо відрізняються від теоретичних розрахунків за виразами (2.18) або (2.20). Але навіть на верхній межі експериментальних показників кута установки зуба похибка не перевищує 10%. Це допустима розбіжність, що може бути обумовлена погрішністю експерименту і труднощами врахування фізико-механічних властивостей ґрунту, які, безумовно, впливають на розподіл вертикальної та горизонтальної складових швидкості переміщення зуба по його траєкторії в ґрунті.

У цілому слід вважати, що експериментальні дані підтвердили теоретичні передумови визначення кута установки зуба диска-очисника і виявили його вплив на енергетичні показники.

Доцільним також слід вважати окреме виявлення впливу радіуса обертання зуба (діаметра робочого органу) на величину роботи, що ним

витрачається на розпушування ґрунту при прокладанні смуги для проходження сошника. Виділяючи з отриманих залежностей (рис. 4.1; 4.4; 4.6) ряд тих залежностей, що характеризують вплив радіуса розташування зубів диска-очисника на енергетичні показники роботи зуба, отримуємо такі побудови (рис. 4.8).

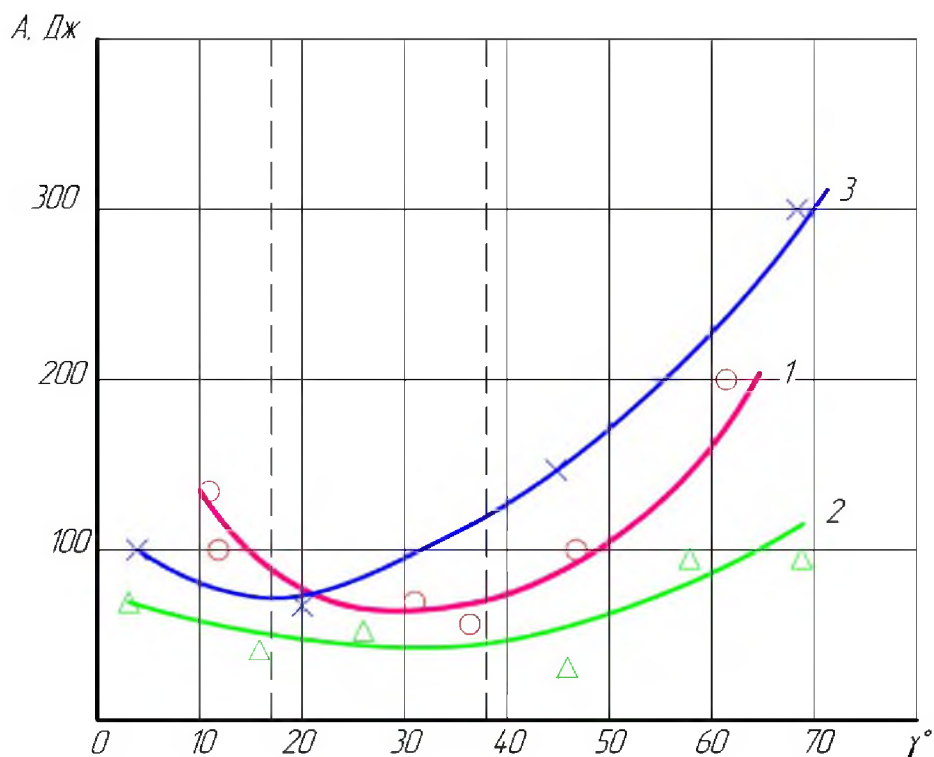


Рис. 4.8 Вплив кута установки зуба (γ) диска-очисника на величину виконаної роботи (A) по розпушуванню ґрунту при ($h=35$ мм) та різних радіусах обертання зуба:

1 - $R_1 = 170$ мм; 2 - $R_2 = 195$ мм; 3 - $R_3 = 220$ мм

Із даних закономірностей видно, що для всього інтервалу вибраних значень радіусів раціональна величина кута встановлення зуба знаходиться в межах $\gamma = 17^\circ \dots 38^\circ$. Причому найменше абсолютне значення роботи, що витрачається зубом на розпушування ґрунту, відповідає радіусу $R_2 = 195$ мм. Більш того, при цьому значенні радіуса вплив кута установки зуба на роботу, що виконується, носить менш залежний характер, а зона раціональних значень кута має найширший інтервал. Це відкриває можливість для

розширення творчих конструкторських рішень прорізних робочих органів сівалок для прямої сівби.

Важливим для подальшого раціонального вирішення конструкції прорізного робочого органу є уточнення і підтвердження доцільних його основних параметрів, зокрема діаметра диска-очисника (радіус обертання зуба) і глибини ходу для отримання прорізної смуги.

Науковий і практичний інтерес для побудови зубчастих робочих органів становлять дослідження впливу глибини прокладання смуги на виконану роботу при різних діаметрах диска (радіуса обертання зуба). Такі залежності представлено на рис. 4.9.

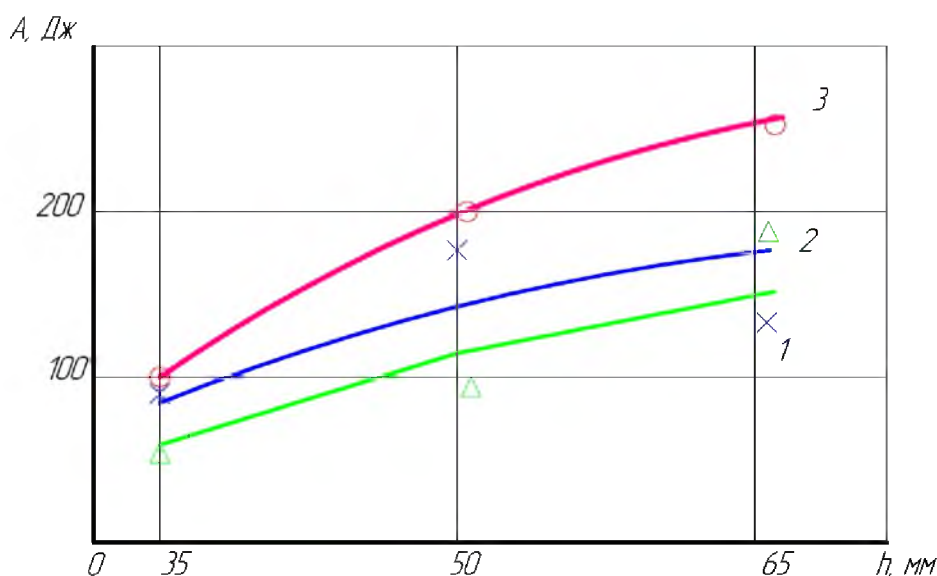


Рис. 4.9 Залежність показників роботи, що витрачається на прокладання смуги зубом, від її глибини при ($\gamma = 30^\circ$) та наступних радіусах обертання зуба:

1 - $R_1 = 170$ мм; 2 - $R_2 = 195$ мм; 3 - $R_3 = 220$ мм

Для всіх радіусів обертання зуба диска-очисника спостерігається збільшення величини роботи при збільшенні глибини прорізання смуги у ґрунті. Це природно і відповідає фізичній сутності виконуваного процесу. Отримані залежності розташовані достаить щільною групою, але найменші значення роботи, що витрачається, відповідають і найменшому радіусу розташування зуба. Пояснюється це тим, що зуб знаходиться на меншому

радіусі обертання і проходить менший шлях у ґрунті при його рихленні. Зі збільшенням глибини прорізання робота зуба, відповідно, збільшується (рис. 4.10). Її величина зростає з підвищенням радіуса, але не настільки, як при збільшенні глибини прорізання смуги [149].

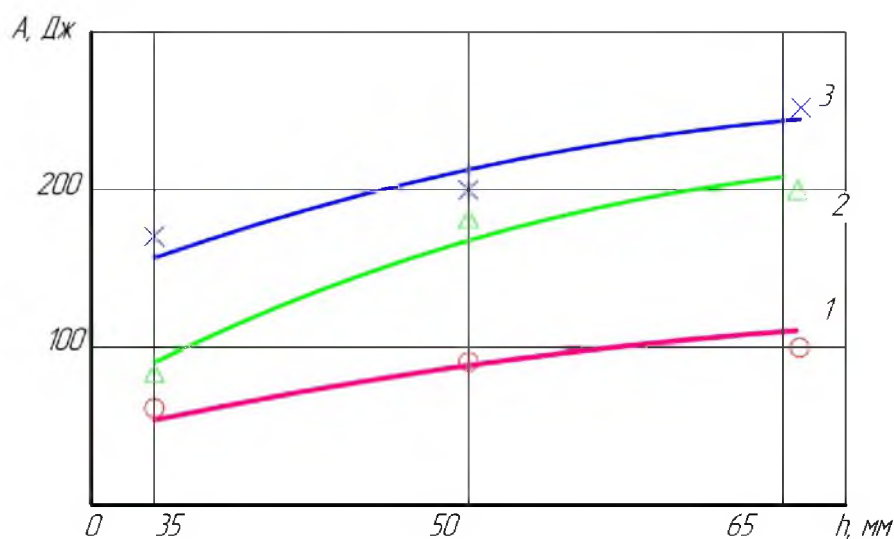


Рис. 4.10 Залежність роботи, що витрачається на прокладання смуги, від радіуса обертання зуба при ($\gamma = 30^\circ$) та глибинах:

1 - $h_1 = 35$ мм; 2 - $h_2 = 50$ мм; 3 - $h_3 = 65$ мм

4.2 Енергетика процесу перерізання рослинних решток

Реалізація ковзаючого різання рослинних решток можлива при певних умовах, визначених рівнянням (2.47). Згідно з теоретичними передумовами, що викладі у (розділі 2), для досягнення ковзаючого різання в усьому секторі виконання цієї операції ніж повинен мати певну геометричну форму, що в загальному вигляді описується поліномом другого ступеня (2.55). Коефіцієнти цього поліному безпосередньо враховують сили тертя, тобто вплив коефіцієнтів тертя торцевих поверхонь стебел по робочих поверхнях ріжучого елемента. Значення коефіцієнтів тертя для рослинних решток пшениці, кукурудзи, соняшника і пирію визначені згідно з методикою, що викладена в третьому розділі, наведено в таблиці 4.1.

Як видно з отриманих результатів, коефіцієнти тертя торцевих зрізаних поверхонь стебел досліджених культур відрізняються між собою, а їх значення знаходяться в межах $f=0,3 \dots 0,7$.

Таблиця 4.1

Коефіцієнти тертя спокою перерізаних торцьових поверхонь стебел рослинних решток по сталі

№	Культура	Значення коефіцієнта тертя		
		Мінімальне	Середнє	Максимальне
1.	Пшениця	0,334	0,441	0,635
2.	Кукурудза	0,412	0,512	0,638
3.	Сояшник	0,366	0,458	0,652
4.	Пирій (дерен)	0,308	0,516	0,7

Така розбіжність коефіцієнтів залежно від фрикційних властивостей рослинних решток вносить свої особливості в обґрунтування форми ріжучої частини ножа для здійснення ковзаючого різання.

Побудовані форми ножів для різних рослин представлені на рис. 4.11.

Енергетична оцінка роботи ножів, призначених для перерізання стебел тієї чи іншої культури, виконана на лабораторній установці (рис. 3.10) згідно методикою, що викладена у третьому розділі.

За результатами відеозапису процесу перерізання стебел рослин визначені нерівномірності зміни моменту опору різання (M) від кута повороту робочого органу (φ) (рис. 4.12). На початку входження ножа у стебла пшениці в основному спостерігається плавне нарощування моменту опору перерізанню.

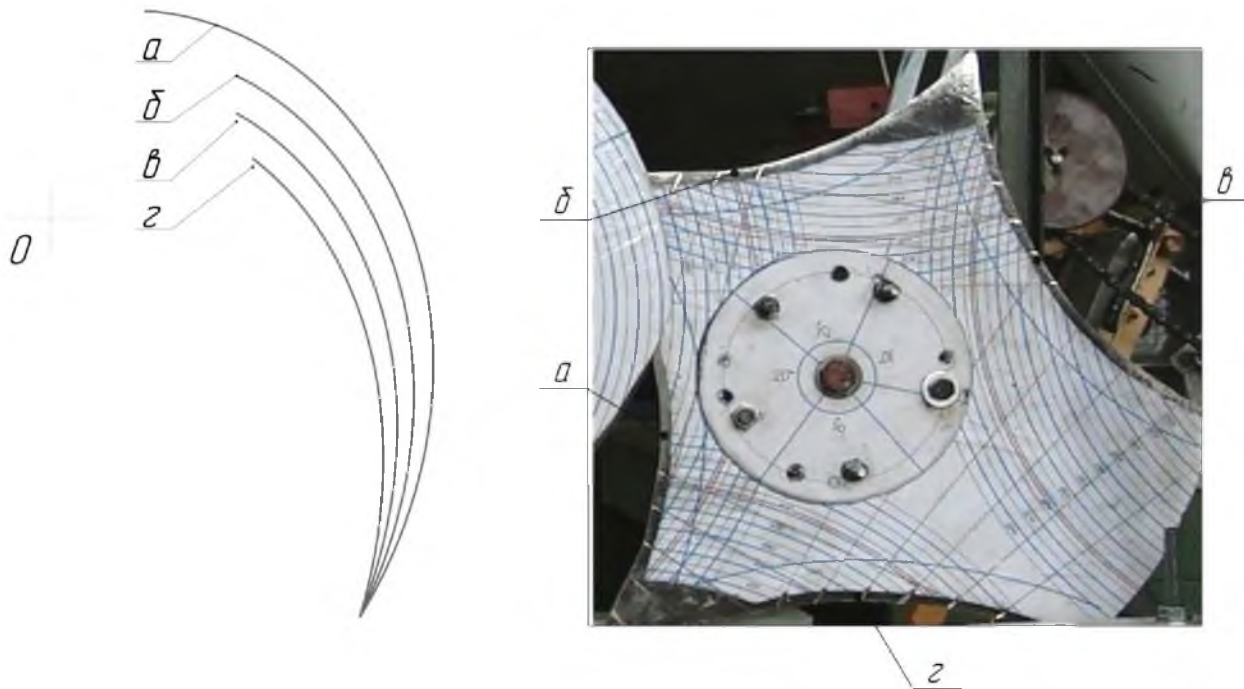


Рис. 4.11 Форми ріжучої частини експериментальних ножів для реалізації ковзаючого різання рослинних решток стебел: а – пшениці; б – кукурудзи; в – соняшника; г – пирію

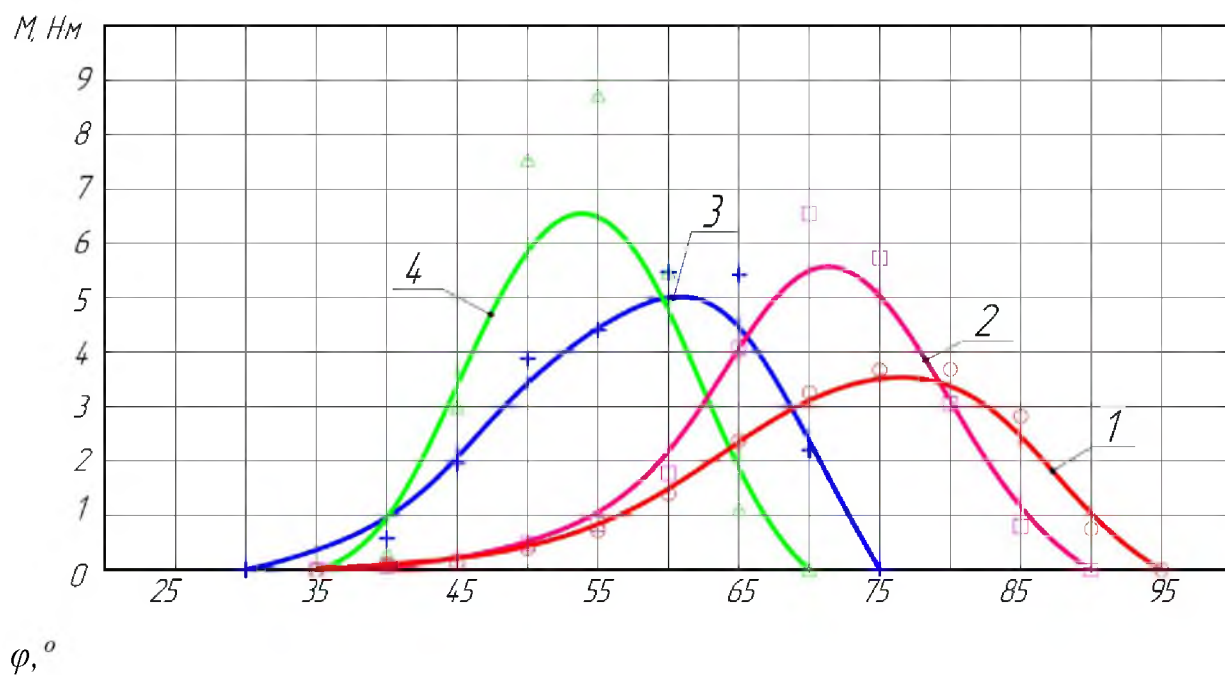


Рис. 4.12 Залежність зміни моменту (M) опору перерізанню стебел пшениці для кутів різання (α):

1- $\alpha = 20^\circ$; 2- $\alpha = 25^\circ$; 3- $\alpha = 30^\circ$; 4- $\alpha = 35^\circ$.

Надалі зі збільшенням кута повороту момент опору суттєво зростає аж до свого максимального значення (M_{max}), після чого починає зменшуватися. Діставшись певної критичної величини (M_p), що відповідає різанню стебла, момент опору зменшується до нульового значення. Представлені залежності графічно відображають динаміку силового навантаження на стебла пшениці і виявляють значення критичних параметрів моментів опору різанню стебел. Науковий і практичний інтерес при цьому становить виявлення впливу кута різання (способу різання) рослинних решток пшениці на силові характеристики процесу. Незважаючи на теоретично обґрунтовану форму леза для здійснення ковзаючого різання стебел, експериментальна перевірка впливу кута різання має велике практичне значення. На рис. 4.12 представлено чотири залежності зміни моменту опору відповідно для кутів різання 20° , 25° , 30° і 35° . Як видно з графіків, збільшення кута різання приводить до зміщення кривої динаміки зростання зусиль на користь менших кутів повороту робочого органу, тобто перерізання стебел відбувається раніше, ніж при менших кутах різання. Така закономірність природна тому, що при прийнятому визначенні кута різання, а саме як кута між вектором швидкості переміщення ріжучого елемента і дотичної до робочої поверхні його леза у місці контакту, збільшення кута різання означає наближення до рубаного різання. І, навпаки, зменшення кута різанню (α) відповідає зміщенню процесу різання у бік більших значень кута повороту робочого органу (φ) (рис. 4.12). Звертає на себе увагу максимальне значення моментів опору різання (M_p) для різних кутів (α). Меншим максимальним моментам різання відповідають менші кути різання, а криві динаміки змін моментів стають більш пологими.

Про якість виконання процесу різання рослинних решток стебел пшениці свідчать фотографії зрізів, які представлені на (рис. 4.13).

Більш якісний зріз спостерігається при малих кутах різання ($\alpha=20^\circ$), тобто тоді, коли реалізується ковзаюче різання. Краї стебел мають рівні межі з чіткою лінією переходу у матеріал стебел (рис. 4.13, а).



Рис. 4.13 Зрізи стебел пшениці, виконані при кутах різання:

а – $\alpha = 20^\circ$; б – $\alpha = 35^\circ$.

Збільшення кута різання погіршує якість перерізання матеріалу стебел. Межі розподілу мають рвану форму зрізу, що свідчить про розрив матеріалу напруженнями розтягу і згину (рис. 4.13 б).

Матеріал стебла становить складну неоднорідну волокнисту структуру, опис перерізання якої вносить певну неоднозначність і труднощі у визначення характеристик його властивостей. Однак для вибору конструктивних параметрів робочого органу (ножа) важлива енергетична оцінка виконання процесу перерізання рослинних решток.

Враховуючи те, що роботу, яку виконує робочий орган по розрізанню рослинних решток, можна представити рівнянням:

$$A = \int_{\varphi_{вих}}^{\varphi_p} M(\varphi) \cdot d\varphi, \quad (4.1)$$

де φ_p - кут, що охоплює сектор різання, то її можливо визначити як площу під кривою динаміки зміни навантажень.

Виходячи з цього, для кожного вибраного значення кута різання (α) підраховано площі під кривими динаміки навантаження, тобто в кожному

випадку визначені величини затраченої на розрізання стебел роботи. На підставі цього побудована залежність зміни роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел пшениці (рис. 4.14).

Графік носить нелінійний характер, з поступовим збільшенням роботи, що витрачається на перерізання, при підвищенні значень кута різання. Найменшому значенню роботи відповідає кут ковзаючого різання. Відмічається незначний приріст роботи зі збільшенням кута різання і переходу від ковзаючого до рубаного виду різання. Очевидно ця встановлена закономірність відображає особливості фізико-механічних властивостей волокнистої ізотропної будови стебел рослинних решток, де залежно від ступеня вологості встановлюються певні співвідношення крихкості і в'язкості матеріалу.

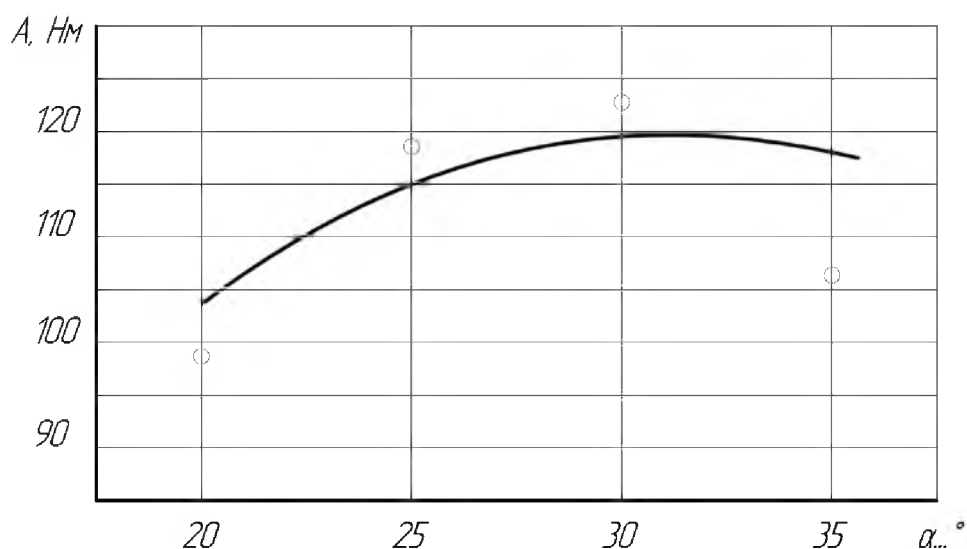


Рис. 4.14 Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел пшениці

Дослідження динаміки руйнування стебел кукурудзи виявили значно більші абсолютні величини зміни моменту опору від кутового переміщення зубчастого робочого органу (рис. 4.15). Це обумовлено значно вищим фізико-механічними характеристиками решток кукурудзи порівняно з рештками пшениці.

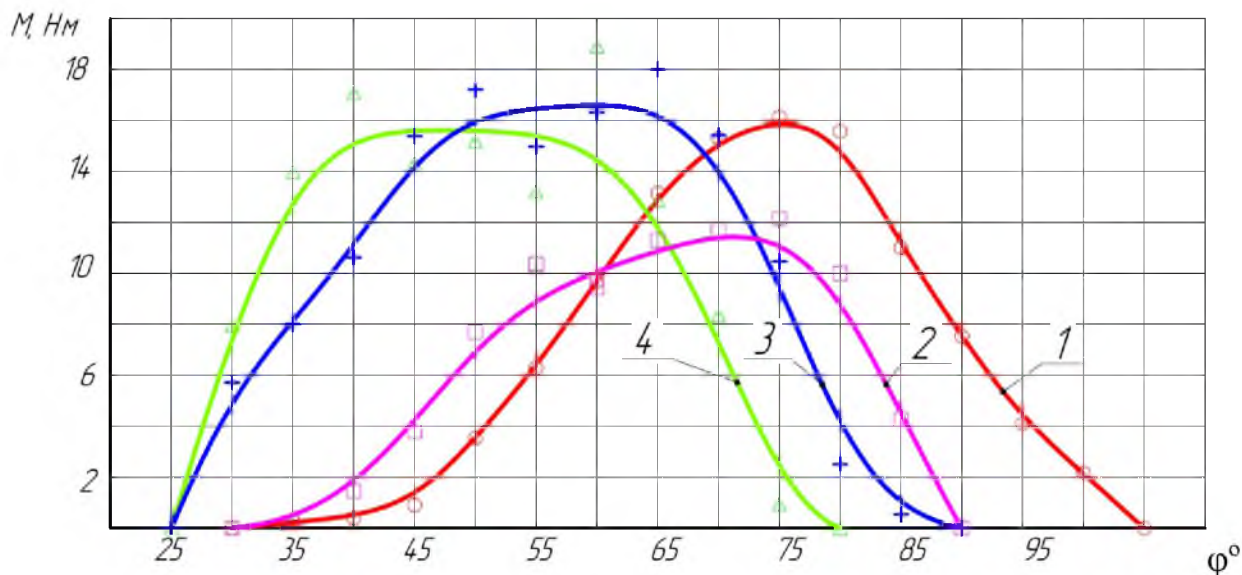


Рис. 4.15 Залежність зміни моменту опору різанню стебел кукурудзи для кутів різання:

$$1-\alpha=20^{\circ}; 2-\alpha=25^{\circ}; 3-\alpha=30^{\circ}; 4-\alpha=35^{\circ}.$$

Найбільш активно процес захоплення і перерізання стебел кукурудзи спостерігається при куті різання ($\alpha \approx 35^{\circ}$).

Початок різання і зростання моменту (M) настає при повороті робочого органу на кут $\varphi \approx 25^{\circ}$.

Надалі момент різання зростає і досягає максимального свого значення уже при $\varphi=47^{\circ}$. Після цього внаслідок перерізання стебел момент зменшується до нульового значення.

Подібні залежності отримані і для інших кутів різання, однак кожному з них відповідає своє значення максимального моменту і своя форма кривої. Загальна закономірність полягає у зміщенні кривої динаміки наростання моменту опору різання в бік менших кутів повороту робочого органу при збільшенні кута різання. Очевидно, така закономірність, як і в попередньому випадку перерізання стебел пшениці, пов'язана з переходом від одного способу різання до іншого. Зменшення кута різання наближує процес до ковзаючого різання, про що свідчать і форми зрізів стебел кукурудзи, представлені на (рис. 4.16). Більш якісний гладкий зріз спостерігається при

менших кутах різання (рис. 4.16 а), а при більшому куті ($\alpha = 35^\circ$) характерні розриви стебел з виступами і виривами (рис. 4.16 б).



Рис. 4.16 Характерні зрізи стебел кукурудзи:

а - $\alpha = 20^\circ$; б - $\alpha = 35^\circ$

Максимальні значення моментів опору перерізання стебел кукурудзи для різних кутів різання знаходяться в межах $M = 11 \dots 16,5$ Н.м.

Енергетична оцінка у вигляді затрат роботи, що витрачає орган на перерізання стебел при різних кутах різання відкриває можливість для оптимізації параметрів ріжучого робочого органу. Залежність роботи різання від кута різання представлено графічно на рис. 4.17.

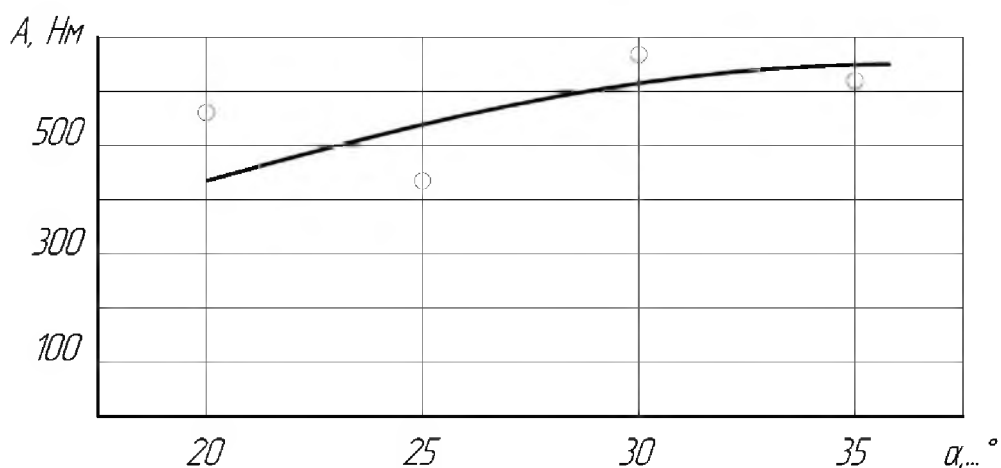


Рис. 4.17 Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел кукурудзи

Отримана залежність вказує на невеликі зміни затрат роботи для різних кутів різання. У всьому інтервалі кутів різання від $\alpha = 20^\circ$ до $\alpha = 35^\circ$ робота змінюється лише з 500 до 650 Нм, тобто всього на 150 Нм. Причому збільшення кута різання приводить до збільшення й обсяг роботи на перерізання стебел кукурудзи.

Робочий орган прямого посіву може використовуватися і повинен працювати з рослинними рештками, що залишаються після збору врожаю соняшника. Стебла цієї культури за своїми фізико-механічними властивостями і геометричними параметрами відрізняються від стебел попередніх культур. Також вони відрізняються за своєю структурою і будовою, тому вивчення процесу перерізання стебел соняшника становить окреме завдання для обґрунтування раціональної форми ріжучого елемента.

Проведеними дослідженнями встановлено, що зміна моменту опору різанню від кута повороту робочого органу, як і в попередніх випадках, описується кривою з максимумом. Очевидно насамперед, це обумовлено самою циліндричною формою стебел, де при взаємодії з лезом поступово збільшується площа контакту, яка досягає максимуму в діаметральному перерізі, а потім спадає зі зменшенням зони активної взаємодії і перерізання стебла. Залежно від властивостей матеріалу стебла і способу різання, що реалізується, динаміка такої взаємодії може відрізнятися. Так, на рисунку 4.18 показана динаміка зміни моменту опору різанню (M) для різних кутів різання (α).

Загальною тенденцією, як і для стебел кукурудзи, є зміщення максимумів моменту різання і самих кривих динаміки навантаження у бік менших кутів повороту робочого органу при зростанні кута різання. Відмічається наближення до більш ймовірної реалізації ковзаючого різання при менших кутах повороту робочого органу. Це відповідає механіці виконання процесу різання навіть для твердих стебел, коли їх защемлення і перерізання відбуваються раніше (при менших кутах φ).

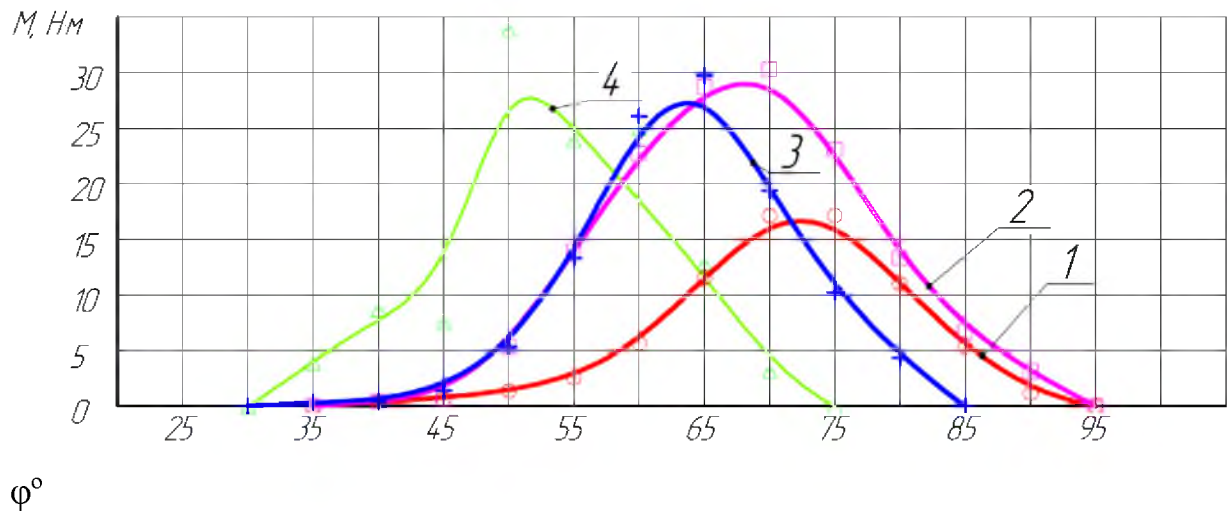


Рис. 4.18 Залежність зміни моменту опору різання стебел сояшника (M) для кутів різання (α):

$$1-\alpha = 20^\circ; 2-\alpha = 25^\circ; 3-\alpha = 30^\circ; 4-\alpha = 35^\circ$$

Якість зрізу стебел сояшника показано на рис. 4.19.



Рис. 4.19 Загальний вигляд зрізів стебел сояшника при кутах різання:

$$a - \alpha = 20^\circ;$$

$$б - \alpha = 35^\circ$$

Як видно з фотографії, якість перерізання у будь-якому випадку крайніх значень кутів різання не є ідеальною. Зрізи мають нерівну рвану форму. Очевидно це, насамперед, пов'язано з особливостями будови стебел сояшника, коли зовнішній шар має тверду крихку волокнисту основу, а внутрішній – аморфну м'яку.

Енергетична оцінка ріжучого робочого органу по затратах роботи на перерізання стебел соняшника залежно від кута різання представлена у вигляді графіка на рис. 4.20.

Характерне деяке збільшення енерговитрат при зростанні кута різання. Очевидно, для стебел рослинних решток кращим способом різання, з точки зору енерговитрат, слід вважати ковзаюче різання, де наявність тангенціального зусилля активізує перерізання складного волокнистого матеріалу стебел.

Результати замірів величин максимальних моментів опору різання для досліджуваних рослинних решток представлено в таблиці 4.2.

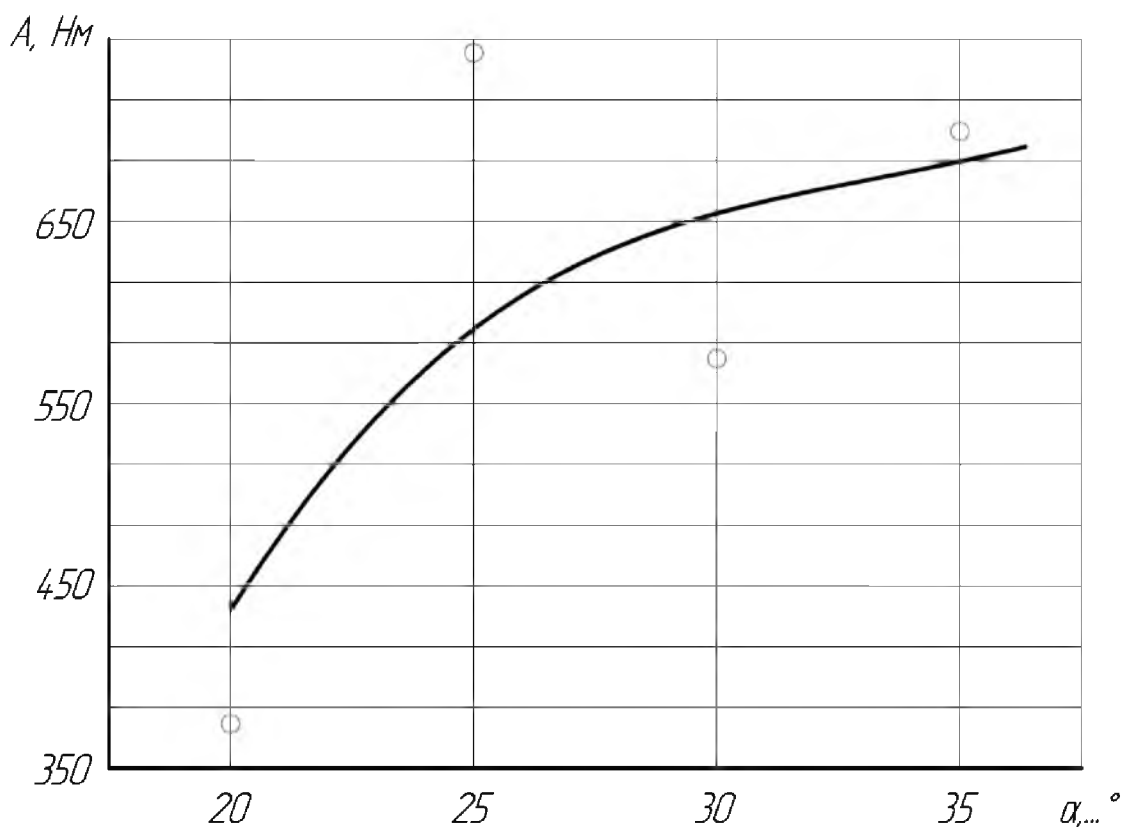


Рис. 4.20 Зміна роботи різання (A) від кута різання (α) для стебел соняшника

Таблиця 4.2

Значення максимальних моментів перерізання стебел, [Нм]

Кут різання $\alpha, \dots^\circ$	Рослинні рештки		
	Пшениці	Кукурудзи	Соняшника
20	3,5	16	16,8
25	5,5	11,4	28
30	5	16,3	26,5
35	6,4	15,9	27

Порівняльний аналіз величин максимальних моментів показує, що найбільші їх значення відповідають стеблам соняшника. Менший момент опору перерізання спостерігається для стебел кукурудзи і ще менший – для невеликих за діаметром стебел пшениці. Залежно від кута різання максимальні моменти опору групуються навколо значень $\alpha = 25 \dots 30^\circ$. Це вказує, що дані величини кутів різання сприяють концентрації зусиль, спрямованих на перерізання стебел рослинних решток [150].

4.3 Дослідження якості сівби та створення передумов прокладання борозни для сошника

Виконуючи лабораторні дослідження робочих органів прорізання та очистки борозни при проходженні по рослинних рештках, отримали такі результати для здійснення прямої сівби (рис. 4.21).

Використовуючи робочі органи очистки та прорізання борозни у комплексі з сошником для прямої сівби (рис. 4.22), на дослідному полі КНТУ отримали борозни у вигляді (рис. 4.23).



а

б

Рис. 4.21 Вигляд поверхні ґрунтового каналу:

а – до проходження робочого органу;

б – після проходження робочого органу



Рис. 4.22 Зубчастий робочий орган комбінованого сошника сівалки



а



б

Рис. 4.23 Вигляд утвореної борозни при сівбі кольорової субстанції на поля, де застосовується пряма сівба:

а – пасовищ;

б – після збирання врожаю пшениці

Науковий і практичний інтерес представляє оцінка якості виконання технологічного процесу внесення посівного матеріалу відповідних культур на необхідну глибину при здійсненні прямої сівби по необробленому полю.

Упродовж 2008–2012рр. проводились господарські порівняльні випробування експериментальних та серійних робочих органів очищення борозни від рослинних залишків на базі сівалки Great Plains CPN 2000 (США). Випробування проводились на полях ТОВ «Нива-2010», с. Бережинка Кіровоградського району Кіровоградської області, з суглинистим чорноземом, із застосуванням технології прямої сівби. Згідно з умовами проведення польових досліджень у посівному шарі глибиною 0–0,1 м враховувалися такі фактори: вологість – 15–25%, твердість – 1,57–3,2 МПа, висота рослинних залишків – 0,05–0,25 м, маса рослинних решток на 1м² 0,12–0,85 кг. Поверхня поля становить звичайний стан після збору врожаю і витримки протягом одного – трьох місяців. Типовий стан необробленого поля після збору врожаю з рослинними рештками, а також інші види полів, придатних для прямої сівби, представлено у (додатку Б).

Експериментальні дослідження виконувалися згідно з методикою польових випробувань, що викладена у третьому розділі роботи.

Мета експериментальних польових досліджень полягає у встановлення показників якості виконання сівби по глибині та уздовж рядка дослідним зразком порівняно з хвилястим дисковим, що використовується при проведенні прямого посіву по необробленому полю.

Оцінка працездатності запропонованого робочого органу може бути кількісно здійснена за допомогою стохастичних даних досліджень загортання посівного матеріалу у рядку.

Обробка даних виміру глибин загортання насінин, отриманих на залікових ділянках поля, дала можливість виявити показники основних статистичних характеристик розподілу випадкової величини, якою є глибина загортання насіння (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Статистичні характеристики величин загортання насіння при прямій сівбі сошником із зубчастим робочим органом

Фон, по якому працював дослідний робочий орган	Статистичні показники виконання процесу висіву		
	Середнє значення глибини загортання насіння h , мм	Середнє квадратичне відхилення σ_h	Коефіцієнт варіації v , %
1. Пирій	66,2	4,9	9,4
2. Кукурудза	51,7	4,9	9,5
3. Пшениця	51,7	4,4	8,4
4. Соняшник	51,9	4,6	8,8

Як видно з отриманих даних, середні значення глибини загортання насіння при проходах по залишках попередників, практично, не відрізняються один від одного і тільки у випадку проведення сівби по пирію мають більші значення.

Розрахунок середньоквадратичних відхилень та коефіцієнтів варіації також засвідчують на високу щільність розподілу випадкової величини, якою є глибина загортання насіння. Однак, закономірність розподілу глибини загортання насіння для досліджуваних попередників дещо відрізняється між собою (рис. 4.24).

Отримані значення коефіцієнтів варіації та побудовані графіки розподілу глибини загортання насіння вказують на те, що найкращим чином розподіл може бути представлено законом Гауса. Як відомо, цей закон є двопараметричним із симетричним розподілом випадкової величини навколо середнього значення. Загальний вигляд нормального закону (Гауса) предметно до даного дослідження може бути представлено такою формулою:

$$f(h) = \frac{1}{\sigma_h \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(h-\bar{h})^2}{2\sigma_h^2}} \quad (4.1)$$

Значення параметрів у загальному вигляді середніх величин загортання насіння і середньоквадратичних відхилень подані в табл. 4.3 [11].

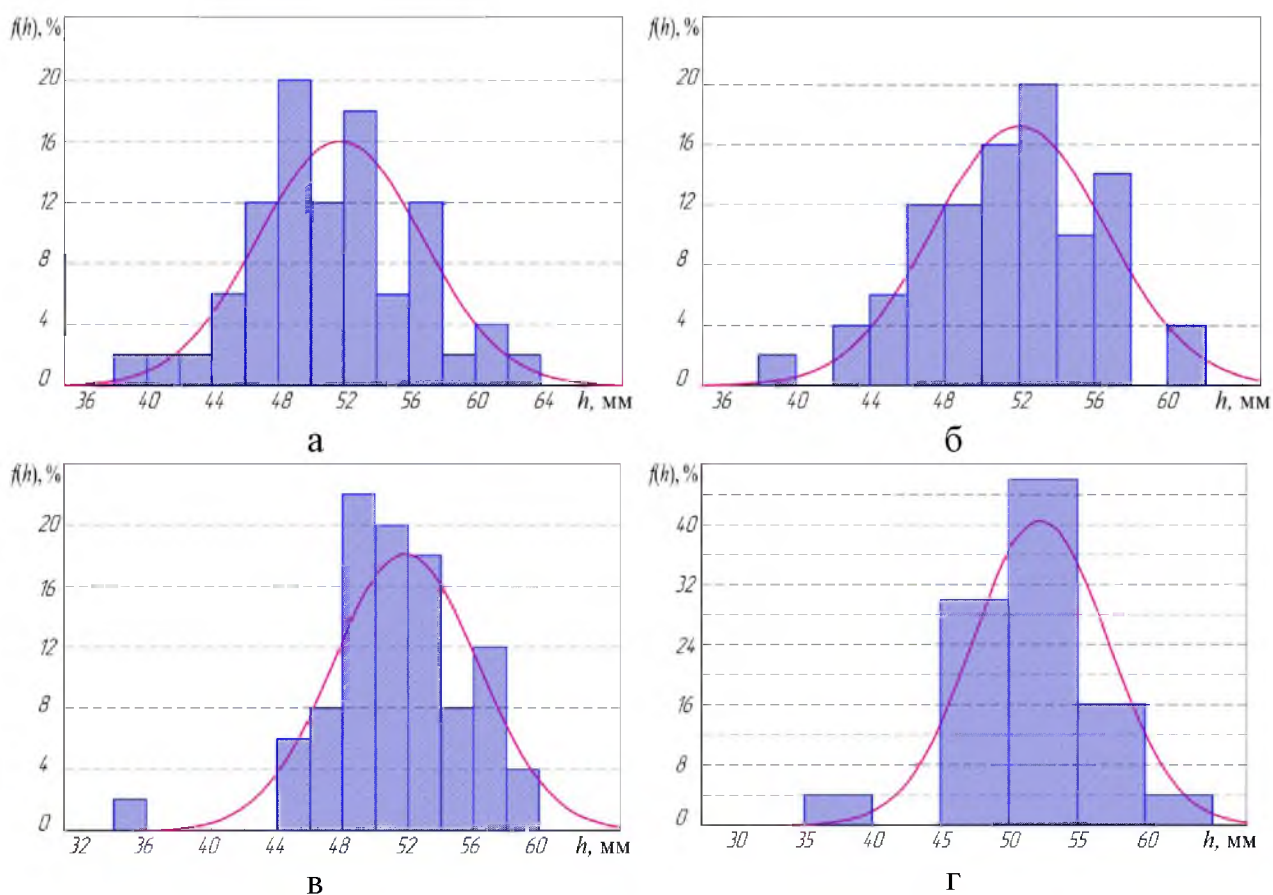


Рис. 4.24 Розподіл глибини загортання насіння із застосуванням дослідного робочого органу при прямій сівбі по рештках:

а - кукурудзи; б - соняшника; в - пшениці; г - пирію

Оцінку якості виконання сівби дослідним робочим органом проведено в порівнянні з аналогом закордонної сівалки «Great Plains» (США). Сошникова група цієї сівалки – це комбінований робочий орган, що складається з прорізуючого хвилястого диска, яким прокладається смуга в необробленому ґрунті, і дискового сошника для внесення насіння у борозну. Статистичні дані глибини загортання насіння таким робочим органом представлені в (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Статистичні характеристики величин загортання насіння при прямої сівбі сівалкою «Great Plains»

Фон, по якому працювала сівалка	Статистичні показники виконання процесу висіву		
	Середнє значення глибини загортання насіння h , мм	Середнє квадратичне відхилення σ_h	Коефіцієнт варіації v , %
1. Кукурудза	51,7	5,9	11,4
2. Пирій	52,5	6,0	11,4
3. Пшениця	52,86	5,2	10,1
4. Соняшник	51,3	5,4	10,3

Із представлених даних видно, що робочий орган сівалки «Great Plains» дає дещо більші значення середньоквадратичних відхилень від середнього, ніж це було у дослідного зразка. Як наслідок цього, і коефіцієнт варіації також збільшується. Отриманий результат порівняння якості висіву вказує на те, що дослідний зразок розробленого робочого органу не тільки не поступається базовій еталонній сівалці, а також має кращі показники виконання технологічного процесу загортання насіння на встановлену глибину.

Зважаючи на невеликі значення коефіцієнтів варіації (табл. 4.4), можна допустити, що і для робочого органу сівалки «Great Plains» характерне застосування нормального (Гаусса) закону розподілу випадкової величини – глибини загортання насіння.

Кількісно оцінити якість виконання прямої сівби при всіх інших однакових формах впливу на розвиток рослини (кліматичних, підготовка посівного матеріалу, внесення добрив тощо) можна за ступенем та одночасністю проростання рослин і урожайністю.

Зовнішній вигляд поля, після проростання рослин, що засіяне по залишених рослинних рештках за технологією без спеціальної попередньої передпосівної обробки, представлено на (рис. 4.25).



Рис. 4.25 Розвиток рослин, засіяних по технології прямого посіву без попередньої обробки поля

Встановлення диска-очисника з ножом на сівалку привело до формування якіснішого шляху для сошника, завдяки чому не вдаються

рослинні рештки у ґрунт, а піднімаються вгору, на поверхню поля, і перерізаються та направляються на бокові сторони борозни. У результаті проведених випробувань було з'ясовано, що проростання насіння при використанні сівалки з експериментальними робочими органами відбулося на 2–3 дні раніше. При роботі гофрованого диска відсоток рослинних решток, які знаходяться на шляху сошника, складає 10–15%, що затягуються в борозну, 10–20% залишились не перерізаними, що приводить до недостатнього контакту насіння з ґрунтом. З використанням експериментального зразка спостерігається динаміка зростання врожайності (табл. 4.5), за середнім показниками по роках: на 7,94% – озимої пшениці, 8,28 % – озимого ячменю, 8,22 % – ярого ячменю.

Таблиця 4.5

Величини врожайності при прямому посіві, визначені при дослідженнях на полях ТОВ «Нива-2010» (ц/га)

Рік	Врожайність базової сівалки «Great Plains CPN 2000»			Врожайність з експериментальним робочим органом			Приріст врожайності		
	Пшениця озима	Ячмінь озимий	Ячмінь ярий	Пшениця озима	Ячмінь озимий	Ячмінь ярий	Пшениця озима	Ячмінь озимий	Ячмінь ярий
2008	40	31,4	38,3	44,56	35,1	41,4	4,56	3,7994	3,1789
2009	23	29,1	21,1	24,86	31,8	22,8	1,863	2,7354	1,7513
2010	24,5	17,6	17,8	27,3	19,3	19,2	2,842	1,7776	1,4774
2011	35,1	24,5	20,7	39,3	26,8	22,4	4,212	2,352	1,7181
2012	18,9	18,6	22,3	21,13	20,6	24,4	2,2302	2,0274	2,1631

Аналіз схожості рослин, висіяних із дослідним зубчастим прорізним диском, в порівнянні з аналогічною сівалкою прямого посіву «Great Plains» із хвилястим прорізним диском, показав практично однаковий результат. Відмічається перевага дослідної сівалки у термінах (дружності) сходів. Очевидно, це пов'язано насамперед з підвищенням точності висіву насіння у

грунт по глибині, а також більш якісною підготовкою смуги під формування борозни для подальшого висіву насіння. Принциповою різницею роботи запропонованого зубчастого робочого органу виявляються те, що він при проході по полю не загортає рештки у грунт, як хвилястий дисковий сошник, а навпаки, піднімає їх з поверхні, перерізає і формує по обидві сторони борозни. Це дає змогу краще формувати ґрунтовий шар як під насінням, так і над ним, що сприяє кращому дружньому проростанню і розвитку рослин. Дружність сходів є передумовою кращого одночасного дозрівання рослин і своєчасного збирання врожаю без зайвих втрат.

Висновки

1. Для всіх значень змін заглиблення і радіусів розташування зубів величина роботи по розпушуванню ґрунту та видаленню решток залежно від кута установки зуба носить екстремальний характер. Мінімум роботи відповідає кутам установки в межах $\gamma = 25^\circ \dots 45^\circ$.

2. Робота на прокладання смуги на необробленому полі зростає зі збільшенням глибини ходу робочого органу і радіуса розташування зуба на диску.

3. Коефіцієнт тертя зрізаних торцевих поверхонь стебел пшениці, кукурудзи, соняшника і пирію знаходиться в межах $f=0,3 \dots 0,7$. Причому більше значення належить пирію, а най менше – пшениці.

4. Для стебел усіх культур зміна моменту різання від кута повороту робочого органу представлена колокоподібною кривою з максимальним моментами, що відповідають межам перерізання стебел.

5. Робота різання зростає зі збільшенням кута різання, що підтверджує доцільність використання ковзаючого способу різання рослинних решток як в'язко-пружного матеріалу.

6. Порівняльний аналіз ефективності використання запропонованого робочого органу очищення з аналогом, представленим хвилястим диском,

показав переваги першого у покращенні загортання насіння на встановлену глибину і підвищення врожайності зернових у середньому на 8%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В останні роки пряма сівба як енергоощадна екологічно безпечна технологія польових робіт у рослинництві набуває все більшого значення і розповсюдження. Однак для її ефективної реалізації необхідне створення нових конструкцій сошників.
2. Ефективна робота зубчастого диска-очисника сошника для прямої сівби потребує узгоджених дій по прокладанню борозни у ґрунті на необхідну глибину, видалення рослинних решток, а також їх перерізанню при здійсненні приводу на вказані операції від загального переміщення сівалки.
3. Виявлена нелінійна залежність впливу величини заглиблення зубчастого диска-очисника на кут входу зубів у ґрунт. Збільшення глибини обробітку приводить до зменшення значень кута входу.
4. Загальні енергетичні витрати на зубчастому диску-очиснику представляються сумарним моментом опору його переміщення, що становить математичну модель (19) функціонування даного робочого органу.
5. Розроблений інженерний метод розрахунку форми ріжучого елемента (ножа) дозволяє реалізувати ковзаюче різання рослинних решток з мінімальними енергетичними витратами без забивань робочого органу.
6. Раціональні значення кута установки зубів залежно від заглиблення і радіуса їх обертання знаходяться в інтервалі $\gamma=25^{\circ}\dots45^{\circ}$.
7. При перерізанні стебел всіх культур (пшениці, кукурудзи, соняшника) зміна моментів різання від кута повороту зубчастого диска-очисника описується кривою з максимумом, що відповідає граничному значенню руйнування стебел. На підставі таких даних встановлюється сектор різання для різних кутів.
8. Використання запропонованого робочого органу очистки стабілізує хід сошника, покращує загортання насіння на задану глибину, в результаті чого

підвищується врожайність у середньому на 8%, що доведено експериментально, в реальних умовах експлуатації.

9. Річний економічний ефект від упровадження запропонованого сошника для прямої сівби складає 67462,8 грн на одну сівалку. Термін окупності конструкції становить 0,25 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технология и посев / С.Дж. Бейкер, К. Е. Сакстон, В. Р. Ритчи .– США, 2002 .– 263 с.
2. GASSEN, D.N.; GASSEN, ER. Plantio direto Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 с.
3. Международные конференции по самовосстанавливающемуся земледелию на основе системного подхода No-Till [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nt-ca.org.ua>.
4. Мордухович А. И. Прямой посев: достоинства, проблемы / А. И. Мордухович // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – №6. – С. 17–20.
5. Друзяк В. Г. Зміна властивостей чорноземів південних районів при застосуванні ґрунтозахисного обробітку ґрунту / В. Г. Друзяк, Л. А. Щетінікова, В. М. Кириленко // Науково-методичні проблеми покращення довкілля Одеського регіону: Матеріали регіон. наук.-практ. конф., 15-16 черв. 2006 р., м. Одеса. – Одеса: ІНВАЦ, 2006. – С. 71–82.
6. Лообб Д. Система растениеводства по технологии No-Till / Д. Лообб // Агробизнес–Украина. – 2007.–№1. – С. 26–28.
7. Харпаньяк Д. Потенциальные преимущества методов прямого посева с нарушениям поверхностного слоя / Д. Харпаньяк // Агробизнес–Украина. – 2007.– №1. – С. 28–29.
8. Рожанський О. Доцільність повернення соломи в ґрунт та чинники, що впливають на ефективність цього заходу / О. Рожанський, О. Боднар // Техніка і технології АПК .– 2011.–№8(23).– С. 27–30.
9. Сисолін П. В. Конструкторські розробки: нових, вітчизняних, універсальних машин для звичайної, стерньової, мульчо-стерньової,

- екологічнобезпечної, енергозберігаючої, технології вирощування сільськогосподарських культур в Україні. – Кіровоград, 2009. – 128 с.
10. Корчма М. М. Обґрунтування технологічних параметрів подрібнювача рослинних залишків грубостеблових культур: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / М. М. Корчма. – Глеваха, 2004. – 20 с.
 11. Лісовий І. О. Тенденції розвитку посівної техніки/ І. О. Лісовий // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки». – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2014, ч. 1. – С. 147–149.
 12. Сисолін П. В. Пряма сівба. Задачі і напрямки розвитку сошників для прямої сівби. / П. В. Сисолін, М. О. Свірень, І. О. Лісовий. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград : КНТУ, 2007. – Вип. 37. – С. 94–98.
 13. Загальне землеробство: Підручник / За ред. В.О. Єщенка. — К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.
 14. Булгакова А. Пахать или не пахать / А. Булгакова // Техніка АПК. – 2005. – № 2. – С.14–15
 15. Земледелие / С. А. Воробьев, А. Н. Каштанов, А. М. Лыков, И. П. Макаров; Под ред. С. А. Воробьева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с.
 16. Буйнов Виктор Владимирович. Система автоматического контроля глубины хода рабочих органов пахотных и посевных агрегатов: дис... канд. тех. наук: 05.13.07 / Кіровоградський ін-т сільськогосподарського машинобудування. – Кіровоград, 1998. – 185 с.
 17. Андреев Н.Г. Агрономия / Н.Г. Андреев. – 2-е изд., перераб. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 488с.
 18. Основы агрономии. / За ред. д-ра с.-г. наук, проф. Михайловського А.Г. – К.: Урожай, 1971. – 170с.

19. Филинов Е. В. Возможность автоматического регулирования глубины заделки семян зернотуковыми сѣялками / Е. В. Филинов, В.В. Юдкин // Научные труды Саратовского СХИ. – Саратов, 1974. – С. 24–132.
20. Воробьев С. А. Об установленной и фактической глубине заделки семян озимой пшеницы / С. А. Воробьев, С. А. Баранов // Известия ТСХА. – М.: Колос, 1975. – 45с.
21. Машиновикористання в землеробстві / В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін.; За ред. В. Ю. Ільченка, Ю. П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384с.
22. Лукьянюк В.И. Как получить высокий урожай озимой пшеницы. – М.: Машгиз, 1961. – 48с.
23. Краткий справочник агронома/ Подг. Е. К. Платорцев, В. С. Аленксашева, Н. А. Андрюшина.–2-е изд.–М.: Колос, 1983.–320 с.
24. Кардашевский С. В. Применение математических методов при испытании сельскохозяйственных машин: ЦНИИТЭИ В/О «Союзсельхозтехника». – М.: Россельхозиздат, 1971. – 111с.
25. Пальчевський В.І. Основи агрономії / В.І. Пальчевський, П.Д. Клименко, Г.І. Навроцький. – К.: Вища школа, 1973. – 279с.
26. Морозов І. В. Теоретичні і технічні основи удосконалення конструкції сошників зернових сіялок: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / І. В. Морозов. – Тернопіль, 2003. – 40 с.
27. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. – Т. 1; Ч. 2.: Машини для сівби та садіння. / П. М. Заїка. – Харків: Око, 2002. – 452 с.
28. Соловьев А. Глубина посева и перезимовка озимой пшеницы / А. Соловьев, Ю. Уваров // Земледелие. – 1972. – №7. – С. 22–25.
29. Юдкин В.В. Приспособление для автоматического регулирования глубины заделки семян зернотуковыми сѣялками // Научные труды Саратовского СХИ. – Саратов, 1973. – Т.8. – 220с.

30. Білоконь О. П. Обґрунтування технологічного процесу сівби просапних культур в лунки, параметри і режими роботи сошника: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва» / О. П. Білоконь. – К., 1994. – 21 с.
31. Валге А. М. Результаты сравнительных испытаний комбинированного агрегата на равномерность глубины заделки семян / А. М. Валге // Записки ЛСХИ.–Л., 1973. – Т.124. – С. 53–62.
32. Ковзалов В. И. Исследование факторов, влияющих на глубину заделки зерновых культур: автореф. дис... канд. с.-х наук. – Челябинск, 1969. – 16с.
33. Макаревич Л. М. Устройства автоматического контроля технологических параметров работы мобильных сельскохозяйственных машин: Обзорная информация / Л. М. Макаревич и др. – М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, 1976. – 51с.
34. А.с. 1168127 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / И. В. Морозов, Ю. И. Трофимченко, Н. Г. Доценко, В. А. Кириченко и И. И. Горбачов (СССР); заявитель и патентообладатель Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 3701394/30-15; заявл. 15.02.84; опубл., 23.07.85, Бюл. №27.
35. Добра сівалка – запорука високого урожаю // Новини агротехніки. – 2006. – № 1(49). –С. 60.
36. Зерновые сеялки универсальные серии 9312/ 9412/ 9433/ 9230: Проспект фирмы «Sunflower», США.
37. Пат. 80021 Україна, МПК А01С 7/20 (2006.01) А01С 7/08. Сівалка для видачі насіннєвого матеріалу / Л. Ю. Стівезн, М. Р. Кітон, Р. Д. Роуман, Х. М. Вальдез; заявник і патентотримач Дір енд компані. – № а200507938; заявл. 05.12.03; опубл. 10.08.07, Бюл. № 12.
38. Сівалки точного висіву. Серія 1700: проспект фірми «JOHN DEER», США.
39. А.с. 1135444 А СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый сошник/ П. И. Складарский, С. М. Беленко, Ф. Г. Момот, Т. Г. Шмат (СССР); заявитель и

- патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам.— № 3499615/30-15; заявл. 14.10.82; опубл., 23.01.85, Бюл. №3.
40. Semeato – 100% No-till (Бразилия): Проспект фирмы «Компания Агромир».
 41. Лурье А. Б. Статистические, оценки и паспортизация полей машиноиспытательных станций // Новое в методах испытаний тракторов и сельскохозяйственных машин. – Л., 1970. – 245с.
 42. Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens, B., 1877; Mitteilungen aus dem landwirtschaftlichen Laboratorium der technischen Hochschule in München, Bd 1–2, Münch., 1879.
 43. А.с. 1440390 СССР, МКИ А 01С 7/20. Бороздообразующий рабочий орган / В. И. Медведев и А. С. Лысков (СССР); заявитель и патентообладатель Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – № 4228785/30-15; заявл. 13.04.87; опубл., 30.11.88, Бюл. № 44.
 44. А.с. 1678229 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / С. Аликулов (СССР); заявитель и патентообладатель Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. – № 4766405/15; заявл. 16.10.89; опубл., 23.09.91, Бюл. №35.
 45. А.с. 1683532 СССР, МКИ А 01С 7/20. Комбинированное устройство для обработки почвы и посева / С.А. Новаков (СССР); заявитель и патентообладатель Луганский сельскохозяйственный институт.— № 4659643/15; Заявл. 17.01.89; Опубл., 15.10.91, Бюл. №38.
 46. А.с. 1554797 СССР, МКИ А 01С 7/20. Устройство для высева семян / В. А. Вытовтов (СССР); заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. – № 4331227/30-15; Заявл. 26.10.87; Опубл., 07.04.90, Бюл. №13.
 47. Сысуев В. А. Научно-инженерный центр НИИСХ Северо-Востока – результаты исследований [Электронный ресурс] / В. А. Сысуев,

- П. А. Савиных // Правительство Кировской области официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.kirovreg.ru/econom/apk/science/niish.php>.
48. Наиболее значимые результаты [Электронный ресурс] // Российская академия сельскохозяйственных наук Северо-Восточный региональный научный центр, ГНУ зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-востока имени Н. В. Рудницкого, лаборатория механизации полеводства. – Режим доступа: http://niish-sv.narod.ru/meh_polevodctva.htm.
 49. Добышев А. С. Машины и агрегаты с активными рабочими органами [Электронный ресурс] / А. С. Добышев, А. Н. Карташевич // Промышленность и сельское хозяйство: Сб. статей. – 2010. – Режим доступа: <http://forindustry.wordpress.com/2010/02/20/mashiny-i-agregaty-s-aktivnymi-rabochimi-organami/>.
 50. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. – Кн. 1: Машини для рільництва. / [Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В.М.]; за ред. Черновола М. І. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
 51. Бойко А. І. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин / А. І. Бойко, М. О. Свірень, С. І. Шмат, М. М. Ножнов. – К., 2003. – 203 с.
 52. Сільськогосподарські машини: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. техн. профілю 2-4 рівнів акредитації / М. В. Бакум, І. С. Бобрусь, А. О. Михайлов та ін.; М. В. Бакум (ред.); Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2005. Ч. 3: Посівні машини. – 2005. – 332с.
 53. Пат. 55681 Україна, МПК 7 А01С 7/20. Спосіб посіву сільськогосподарських культур та сошник для його здійснення / Д. І. Мазоренко, І. В. Морозов, С. Ф. Бойченко, С. П. Нікітін, О. С. Нікітіна (Україна). – №2002043366; заявл. 24.03.06; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.

54. CrossSlot Кросс Слот сеялка прямого сева NoTill (Ной Тилл) [Электронный ресурс] // Эффективное применение технологий прямого сева. – 2011. – Режим доступа: <http://www.прямой-посев.рф/articles/archive1/crossslot-kross-slot-seyalka-pryamogo.html>.
55. Рекомендации по система No-till (нулевая обработка) [Электронный ресурс] // Библиотека учебной информации. – 2012. – Режим доступа: http://kyrator.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=727:rekomendacii-po-nou-till&catid=23&Itemid=130&limitstart=0.
56. А.с. 1676484 СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый сошник / Г. Я. Штыльфус и И. В. Мищенко (СССР); заявитель и патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам. – № 4718423/30-15; заявл. 12.07.89; опубл., 15.09.91, Бюл. №34.
57. А.с. 1762778 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / Г.Я. Штыльфус (СССР); заявитель и патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам. – № 4860616/15; заявл. 20.08.90; опубл., 23.09.92, Бюл. №35.
58. Стерневые сеялки. Надежные машины для тяжелых условий стерни: Проспект фирмы «Great Plains», США. – 24с.
59. Сеялка для минимальной обработки почвы «Speedliner»: Проспект компании «KUNN». – 10с.
60. А.с. 1297748 СССР, МКИ А 01С 7/20. Комбинированный сошник / А. П. Кутепов, А. П. Коломиец (СССР). – № 3922697/30-15; заявл. 04.07.85; опубл., 23.03.87, Бюл. №11.
61. А.с. 882447 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / К. Д. Сеницын, Ю. А. Кузнецов и В. А. Юзбашев (СССР); заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени институт сельскохозяйственного машиностроения им. М. Горькина. – № 2345815/30-15; заявл. 09.04.76; опубл., 23.11.81, Бюл. № 43.

62. Пат. 9590 Україна, МПК А01С 7/20. Дисковий сошник / С. І. Шмат, А. І. Бойко, В. А. Резніченко, Ф. Й. Златопольський (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № а200501015; заявл. 04.02.05; опубл. 17.10.05, Бюл. № 10.
63. А.с. 791290 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / М. С. Хоменко, В. Я. Ковалёв и М. Ф. Романенко (СССР); заявитель и патентообладатель Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 2702698/30-15; заявл. 25.12.78; опубл., 30.12.80, Бюл. №48.
64. А.с. 586860 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / М. С. Хоменко, В. Я. Ковалёв и М. Ф. Романенко (СССР); заявитель и патентообладатель Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 2394038/30-15; заявл. 01.04.76; опубл., 05.01.78, Бюл. №1.
65. А.с. 532354 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / Г. Ф. Ярославлев и Р. К. Калимуллин (СССР). – № 1852330/15; заявл. 02.12.72; опубл., 25.10.76 Бюл. №39.
66. А.с. 1428240 СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый рабочий орган / В. А. Юзбашев, Н. И. Любушко, И. С. Имамов, В. Е. Хоруженко и А. А. Муцынов (СССР); заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение по сельскохозяйственному машиностроению. – № 4151598/30-15; заявл. 22.10.86; опубл., 07.10.88, Бюл. №37.
67. А.с. 1743420 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник сеялки / А. П. Иофинов, Н. У. Вахитов и Р. Р. Камалетдинов (СССР); заявитель и патентообладатель Башкирский сельскохозяйственный институт. – № 4780375/15; заявл. 09.01.90; опубл., 30.06.92, Бюл. №24.
68. А.с. 1389706 СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый рабочий орган / В. М. Гусев, И. С. Имамов, В. Е. Хорунженко, А. А. Муцынова и М. А. Плащевский (СССР); заявитель и патентообладатель Научно-

- производственное объединение по сельскохозяйственному машиностроению. – № 4138072/30-15; заявл. 22.10.86; опубл., 23.04.88, Бюл. №15.
69. А.с. 1519549 СССР, МКИ А 01С 7/20. Устройство для прямого посева / Л. Г. Шкеопу (СССР); заявитель и патентообладатель Молдавский научно-исследовательский институт полевых культур Научно-производственного объединения «Селекция» – № 4193825/30-15; заявл. 22.12.86; опубл., 07.11.89, Бюл. №41.
70. А.с. 1627103 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / С. М. Поветкин, Г. М. Пекерман, В. Г. Силивейстров (СССР); заявитель и патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам. – № 4493122/30-15; заявл. 05.07.88; опубл., 15.02.91, Бюл. №6.
71. А.с. 1544234 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сеялка / А. П. Коломиец и А. П. Кутопов (СССР); заявитель и патентообладатель Полтавский сельскохозяйственный институт. – № 4444316/30-15; заявл. 19.05.88; опубл., 23.02.90, Бюл. №7.
72. А.с. 759064 СССР, МКИ А 01С 7/20. Однодисковый сошник / В. И. Ковальов, М. С. Хоменко, М. Ф. Романенко, Н. Н. Нагорный и В. А. Насонов (СССР); заявитель и патентообладатель Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 2759754/30-15; заявл. 25.04.79; опубл., 30.08.80, Бюл. №32.
73. А.с. 1531890 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / В. Е. Хорунженко, А. В. Ликкей, Л. И. Серeda, Ю. Ф. Лопатин и В. И. Олейник (СССР); заявитель и патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам и Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения. – № 4164353/30-15; заявл. 22.12.86; опубл., 30.12.89, Бюл. №48.

74. А.с. 923412 СССР, МКИ А 01С 7/20. Комбинированный сошник / Ф. В. Ковлягин (СССР); заявитель и патентообладатель Кубанский ордена Ленина научно-исследовательский институт по испытанию тракторов и сельскохозяйственных машин. – № 2854901/30-15; заявл. 14.12.79; опубл., 30.04.82, Бюл. №16.
75. Пат. 65512 Україна, МПК 7 А01С 7/20. Секція сошників / М. В. Галич, В. І. Саченко, В. О. Зирянов, М. П. Романенко (Україна); заявник і патентотримач національний науковий центр «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук. – №20031212534; заявл. 26.12.03; опубл. 15.03.04, Бюл. № 3.
76. А.с. 1014500 СССР, МКИ А 01С 7/20. Бороздообразующий диск сеялки для образования борозды в дернине / В. И. Медведев, Ю. Ф. Казаков (СССР); заявитель и патентообладатель Чувашский сельскохозяйственный институт. – № 3363279/30-15; заявл. 09.12.81; опубл., 30.04.83, Бюл. №16.
77. А.с. 572237 СССР, МКИ А 01С 7/20. Двухдисковый двустрочный сошник / Р. К. Калимуллин, Г. Ф. Ярославлев (СССР). – № 1956338/15; заявл.; 07.08.73 опубл., 15.09.77, Бюл. №34.
78. А.с. 917751 СССР, МКИ А 01С 7/20. Однодисковый сошник / В.И. Смирнов, М.Ю. Козчишин (СССР); заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт льна. – № 2901753/30-15; заявл. 26.03.80; опубл., 07.04.82, Бюл. №13.
79. А.с. 1561864 СССР, МКИ А 01С 7/20. Устройство для внутрпочвенного локального внесения удобрений / Е. П. Шеховцева и Б. А. Нефёдов (СССР); заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – № 4452807/30-15; заявл. 03.06.88; опубл., 07.05.90, Бюл. №17.

80. Сівалка зернова причіпна для висіву в мінімально підготовлений ґрунт
IDEA: Проспект фірми «Волинська фондова компанія» ексклюзивного
дистриб'ютора «UNIA group» в Україні.
81. Методы обработки почвы и посева для ваших индивидуальных условий:
Проспект компании «Väderstad», Швеция. – 28 с.
82. Точный посев для достижения максимальной прибыли: Проспект фирмы
«MASSEY FERGUSON» на сеялку MF555. – 16 с.
83. Пневматические или механические сеялки точного высева «Precisa 8000»:
Проспект фирмы «Giorgi», Аргентина. – 12 с.
84. Зерновая сеялка «D-10» прямого посева «No-till»: Проспект фирмы
«Giorgi», Аргентина. – 8 с.
85. Пат. 59413 Україна, МПК 7 А01С 7/20. Сівалка для зигзагоподібного
посіву / Д. І. Мазоренко, І. В. Морозов, Г. В. Фесенко, С. Ф. Бойченко
(Україна) – №2000031431; заявл. 13.03.2000; опубл. 15.09.2003, Бюл. №9.
86. А.с. 858609 СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый сошник /
Ю. И. Трофимченко и Н. Г. Доценко (СССР); заявитель и
патентообладатель Харьковский институт механизации и
электрификации сельского хозяйства. – № 2897199/30-15; заявл.
21.03.80; опубл., 30.08.81, Бюл. №32.
87. А.с. 631103 СССР, МКИ А 01С 7/20. Дисковый сошник /
Ю. И. Трофимченко, Г. В. Фесенко, Н. А. Мартынов и В. А. Кириченко
(СССР); заявитель и патентообладатель Харьковский институт
механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 2479064/30-15;
заявл. 19.04.77; опубл., 05.11.78, Бюл. №41.
88. А.с. 938795 СССР, МКИ А 01С 7/20. Высевающее устройство / Ю.И.
Трофимченко, Н.Г. Доценко и В.А. Кириченко (СССР); заявитель и
патентообладатель Харьковский институт механизации и
электрификации сельского хозяйства. – № 2926586/30-15; заявл.
20.05.80; опубл., 30.06.82, Бюл. №24.

89. Харьковський Ігор Сергійович. Розробка зміцнених наральникових сошників сівалок для технології мінімального обробітку ґрунту: дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Національний аграрний університет Кабінету Міністрів України. – К., 2007. – 144с.
90. А.с. 549096 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сеялка-культиватор / В. В. Мальцев, А. В. Полупудов (СССР). – № 2041245/15; заявл. 02.07.74; опубл., 05.03.77, Бюл. №9.
91. Зубовая сеялка Triathlon: Проспект фирмы «Köeckerling», Германия. – 4с.
92. Культиватор 8810: Проспект компании «Bourgault», Канада. – 4с.
93. Sprinter ST: Проспект фирмы «Horsch», Германия. – 10с.
94. Посевной комплекс АТД 18.35, АТД 11.35, АТД 9.35: Проспект фирмы «Horsch – Агро-Союз», Германия – Украина. – 8с.
95. Сеялки, сеялки-культиваторы, пневматические бункеры Concept 2000, Maxim II: Проспект фирмы «MONOSEM», Франция.
96. Каталог продукції ПАТ «Червона зірка», Україна. – 36 с.
97. Пат. 2933 Україна, МПК А01С 7/20. Сошник для прямої сівби зернових культур / В. М. Сало, В. В. Яцун (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський державний технічний університет. – № 20031110700; заявл. 26.11.03; опубл. 15.09.04, Бюл. № 9.
- 98 А.с. 1471975 СССР, МКИ А 01С 7/20. Комбинированный рабочий орган культиватора / Х. С. Гайналов, Р. Л. Сахапов и Н. К. Мазитов (СССР); заявитель и патентообладатель Казанский сельскохозяйственный институт им. М. Горького.– № 4144546/30-15; заявл. 10.11.86; опубл., 15.04.89, Бюл. №14.
99. А.с. 1516032 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник для подпочвенного разбросного посева / Х. С. Гайналов и М. М. Земдыханов (СССР); заявитель и патентообладатель Казанский сельскохозяйственный институт им. М. Горького. – № 4349279/30-15; заявл. 23.12.87; опубл., 23.10.89, Бюл. №39.

100. Пйонтик Ю. Л. Обґрунтування типу і параметрів робочого органу для підготовки смуги дернини під пряму сівбу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Ю. Л. Пйонтик. – Глеваха, 2008. – 20 с.
101. А.с. 1507235 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник для ускорядного посева / И. В. Морозов, Н. В. Бакум, Н. В. Никитин и Н. Г. Доценко (СССР); заявитель и патентообладатель Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 4378501/30-15; заявл. 22.12.87; опубл., 15.09.89, Бюл. №34.
102. А.с. 1517794 СССР, МКИ А 01С 7/20. Рабочий орган сеялки-культиватора / В. П. Клишин и Г. В. Клишена (СССР). – № 4190988/30-15; заявл. 04.02.87; опубл., 30.10.89, Бюл. №40.
103. А.с. 1664146 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник/ В.И. Зубков (СССР). – № 4389143/30-15; заявл. 10.02.88; опубл., 23.07.91, Бюл. №25.
104. А.с. 1678230 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / И.В. Морозов, С.П. Никитин, Н.В. Бакум и В.А. Кириченко (СССР); заявитель и патентообладатель Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 4773030/15; Заявл. 26.12.89; Оpubл., 23.09.91, Бюл. №35.
105. А.с. 934953 СССР, МКИ А 01С 7/20. Рабочий орган сеялки-культиватора / В. А. Грибенко, В. М. Ким, Л. А. Михненко, В. В. Гончаров и Н. И. Любушко (СССР); заявитель и патентообладатель Главное специализированное конструкторское бюро по противозерозионной технике. – № 2992707/30-15; заявл. 16.10.80; опубл., 15.06.82, Бюл. №22.
106. А.с. 1175378 СССР, МКИ А 01С 7/20. Устройство для внесения минеральных удобрений / Б. Абдурахманов, Р. С. Тукаев, В. М. Гуров, Н. Мамажанов, А. Б. Султанов, В. Д. Жуков и К. Насретдинов (СССР);

- заявитель и патентообладатель Совхоз-техникум «Савай». – № 3732787/30-15; заявл. 30.01.84; опубл., 30.08.85, Бюл. №32.
107. А.с. 1132822 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / Ю. Ф. Кучеренко, А. А. Синеок, М. И. Матюшков, В. М. Лушников, В. С. Сотников (СССР); заявитель и патентообладатель Кировоградский проектно-конструкторский институт по почвообрабатывающим и посевным машинам. – № 3636013/30-15; заявл. 23.08.83; опубл., 07.01.85, Бюл. №1.
108. А.с. 1545977 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник для подсева изреженных культур / А.П. Коломиец (СССР); заявитель и патентообладатель Полтавский сельскохозяйственный институт. – № 4400518/30-15; заявл. 01.04.88; опубл., 28.02.90, Бюл. №8.
109. А.с. 1014498 СССР, МКИ А 01С 7/20. Рабочий орган для внесения удобрений в почву / В. А. Бесчревных, П. П. Буштец, В. Е. Булаев, Ю. П. Курзов, Н. А. Бобриков, М. М. Матукевич, Н. П. Бочков (СССР); заявитель и патентообладатель Центральная экспериментально-исследовательская конструкторско-технологическая лаборатория химизации сельского хозяйства, Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения. – № 3285196/30-15; заявл. 06.05.81; опубл., 30.04.83, Бюл. №16.
110. А.с. 971139 СССР, МКИ А 01С 7/20. Рабочий орган для внесения удобрений в почву / В. А. Бесчревных, П. П. Буштец, В. Е. Булаев, Н. А. Бобриков, М. М. Матукевич, Н. П. Бочков, В. И. Гасилин, И. М. Штафинский, Ю. В. Иванов (СССР); заявитель и патентообладатель Центральная экспериментально-исследовательская конструкторско-технологическая лаборатория химизации сельского хозяйства, Ростовский-на-Дону ордена Трудового Красного Знамени институт сельскохозяйственного машиностроения и Главное специализированное конструкторское бюро по культиваторам и сцепкам. – № 3323952/30-15; заявл. 28.07.81; опубл., 07.11.82, Бюл. №41.

111. А.с. 1496672 СССР, МКИ А 01С 7/20. Полосковый сошник / С. А. Юрава, П. А. Щербина и Н. И. Саламатин (СССР); заявитель и патентообладатель Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко. – № 4081462/30-15; заявл. 05.05.86; опубл., 30.07.89, Бюл. №28.
112. А.с. 1575990 СССР, МКИ А 01С 7/20. Сошник / Г. И. Бондаренко, В. А. Бесчеревних, Е. В. Чумаков и М. М. Матукевич (СССР); заявитель и патентообладатель Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения. – № 4493333/30-15; заявл. 16.08.88; опубл., 07.07.90, Бюл. №25.
113. Имамов И. С. Исследование процесса взаимодействия поверхности гофрированного дискового ножа с почвой // Агрегатирование сельскохозяйственной техники.: Сб. науч. тр. / НПО ВИСХОМ.– М.: НПО ВИСХОМ, 1989. – С. 57–63.
114. Яцук Е. П. Ротационные почвообрабатывающие машины / Яцук Е. П. и др.– М.: Машиностроение, 1971.– 256 с.
115. Сорокин А. А. Расчет кинематических и силовых параметров дисковых копачей с применением ЭВМ. / А. А. Сорокин, Б. Е. Махлин // Совершенствование машин и рабочих органов для производства корнеклубнеплодов и овощей: Сб. научн. тр. НПО ВИСХОМ. – М.: НПО ВИСХОМ, 1987. – С. 30–37.
116. Білокопитов О. В. Обґрунтування раціональних параметрів робочих органів для суцільного обробітку ґрунту в умовах півдня України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва» / О. В. Білокопитов. – Мелітополь, 1998.– 21 с.
117. Путрин А. С. Обоснование основных конструктивных параметров и режимов работы игольчатых ротационных рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореф. дис. на соискание учён. степени

- канд. тех. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / А. С. Путрин. – Челябинск, 1986. – 21 с.
118. Місків В. З. Обґрунтування конструктивних параметрів голчастих робочих органів для додаткового кришення ґрунту в складі комбінованих знарядь: дис... канд. тех. наук: 05.05.11 / Місків Вадим Зіновійович. – Кіровоград, 2003. – 137 с.
 119. Ковриков И. Т. Выбор числа игл на диске бороны / И. Т. Ковриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1974. – №3. – С. 44 – 45.
 120. Чайчиц Н. В. Исследование рабочих органов ротационных мотыг: автореф. дис. на соискание учён. степени канд. техн. наук: спец. 05.410 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Н. В. Чайчиц. – Горки, 1970. – 20 с.
 121. Гуреев И. И. Совершенствования рабочих органов зерновых сеялок прямого посева / И. И. Гуреев. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1989. – № 2. – С. 30–33.
 122. Козаков Ю. Ф. Обоснование параметров и режима работы эллиптического лопастного бороздовскрывателя дернинной сеялки: автореф. дис. на соискание учён. степени канд. тех. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Ю. Ф. Козаков. – Саратов, 1985. – 16 с.
 123. Ковбаса В. П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих з ґрунтом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 “Машины і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В. П. Ковбаса. – К., 2006. – 36 с.
 124. Седнев Н. А. Анализ работы ротационных рабочих органов при движении с затормаживанием / Н. А. Седнев // Тракторы и сельхозмашины. – 1979. – № 10. – С. 18–19.
 125. Дьяконов С. О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого сіву: автореф. дис. на здобуття наук.

- ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / С. О. Дьяконов. – Харків, 2007. – 20 с.
126. Трубилин Е. И. Расчет геометрической формы лезвия ножа фрезы с вертикальным ротором / Е. И. Трубилин, Ф. М. Канарев // Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1980. – Вып. 188(216). – С. 31–41.
 127. Туровский Б. В. Взаимодействия плоского зубового диска с почвой / Б. В. Туровский, Ф. М. Канарев // Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1980. – Вып. 188 (216). – С. 41–50.
 128. Завражнов А. А. Анализ работы подпокровной фрезы нового типа / А. А. Завражнов, Т. К. Хусаинов. // Совершенствования конструкций и повышения надёжности машин противозерозийного комплекса. – Целиноград, 1984. – С. 10–20.
 129. Канарев Ф. М. Кинематика игольчатого диска / Ф. М. Канарев // Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин. – Краснодар: Кубанский СХИ, 1971. – Вып. 44. – С. 100–106.
 130. Свірень М. О. Напрямки розвитку посівної техніки [Електронний ресурс]/ М. О. Свірень, І. О. Лісовий, М. С. Тимко // Матеріали студентської науково-практичної конференції «Підвищення технічного рівня сільськогосподарських машин та їх робочих органів» 18 жовтня 2011 року. Кіровоград: СНТ КНТУ, 2011. – С. 7–8. – Режим доступу: <http://www.snt-kntu.ho.ua/doc/snpk.pdf>.
 131. Лісовий І.О. Прямка сівба та обґрунтування параметрів сошника /І.О. Лісовий, А.І. Бойко, М.О. Свірень, О.С. Пушка // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 3. – Мелітополь: Копіцентр «Документ-сервіс», 2015.– С. 176–189.

132. Бойко А. І. Функціонування сошника прямого посіву як відкритої технічної системи. / А. І. Бойко, І. О. Лісовий, В. В. Тасенко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2008. – Вип. 75; Т. 1. – С. 256–258.
133. Пат. 17212 Україна, МПК А01С 7/00. Посівна секція / П. В. Сисолін, М. О. Свірень, І. О. Лісовий, І. П. Сисоліна (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № U200603187; заявл. 24.03.06; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.
134. Пат. 17214 Україна, МПК А01С 7/00. Сошник. / П. В. Сисолін, М. О. Свірень, І. О. Лісовий, І. П. Сисоліна (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – №200603190; заявл. 24.03.06; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.
135. Берман Г. Н. Циклоида: Об одной замечательной кривой и некоторых других, с ней связанных. – 4-е изд. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 120 с.
136. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
137. Вирченко Н. А. Графики функций: Справочник / Н. А. Вирченко, И. И. Ляшко, К. И. Швецов. – К.: Наукова думка, 1979. – 320 с.
138. Лісовий І. О. Аналіз кінематики руху і обґрунтування конструктивних параметрів зубчастого диска-очисника для прямого посіву. / І. О. Лісовий // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград : КНТУ, 2008. – Вип. 38. – С. 191 – 198.
139. Бойко А. І. Підкопування і видалення пожнивних решток з ґрунту зубчастим диском-очисником при прямому посіві. / А. І. Бойко, М. О. Свірень, І. О. Лісовий. // Технічний сервіс АПК технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2009. – Вип. 77. – С. 299–305.

140. Погорелов А.В. Аналитическая геометрия.– М.: Наука, 1978.– 208 с.
141. Бойко А. І. Перерізання рослинних решток з обґрунтуванням форми ріжучого елемента. /А. І. Бойко, М. О. Свірень, І. О. Лісовий // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк, 2009. – Вип.18. – С. 22–32.
142. ОСТ 70.5.1-82. – Машины посевные. Программа и методика испытаний. – М. : 1983. – 148 с.
143. СОУ 74.3-37-129:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машины посівні. Методи випробувань. / М. Собчук, В. Погорілий, Л. Шустік та ін. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 86 с.
144. Лісовий І. О. Методика дослідження комбінованого сошника для прямої сівби / І. О. Лісовий // Тези доповідей студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів на Всеукраїнській конференції «Сучасні проблеми сільського господарства» 17 квітня 2008 року.– Кіровоград: КДТУ, 2008. – С. 21.
145. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.; за ред. Д. Г. Войтюк.– К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
146. Лісовий І.О. Обґрунтування ріжучого елемента сошника для прямого посіву / І. О. Лісовий // «Розвиток наукових досліджень' 2012»: Матеріали восьмої міжнародної науково-практичної конференції, м.Полтава, 19-21 листопада 2012 р. – Полтава: Вид-во «ІнтерГрафіка», 2012. – Т. 11. – С. 61–65.
147. Лісовий І. О. Методика визначення моменту опору різанню рослинних залишків для перевірки ефективної форми ріжучого елемента комбінованого сошника для прямого посіву / І. О. Лісовий, А. І. Бойко, М. О. Свірень // Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» 17-19 жовтня 2012 р. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – С. 57–58.

148. Пат. 79456 Україна, МПК А01В 59/00 (А01В 63/00). Пристрій для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин / В. М. Сало, П. Г. Лузан, С. Н. Лещенко, І. О. Лісовий, О. Р. Лузан (Україна); заявник і патентотримач Кіровоградський національний технічний університет. – № U200603187; заявл. 08.10.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.
149. Бойко А. І. Дослідження енергетичних показників і встановлення раціональних параметрів зубчатого робочого органу сошника прямого посіву / А. І. Бойко, М. О. Свірень, І. О. Лісовий // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград : КНТУ, 2011. – Вип. 41; Ч. І. – С. 47–52.
150. Лісовий І. О. Енергетика процесу перерізання рослинних решток комбінованим сошником для прямого посіву / І. О. Лісовий, А. І. Бойко, М. О. Свірень, В. А. Пашинський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 42; Ч. І. – С. 75–81.

ДОДАТКИ**Додаток А**

Вплив ерозії на ґрунт



Рис. А.1 Парові площі поля після проливного дощу, що зазнали впливу водної ерозії

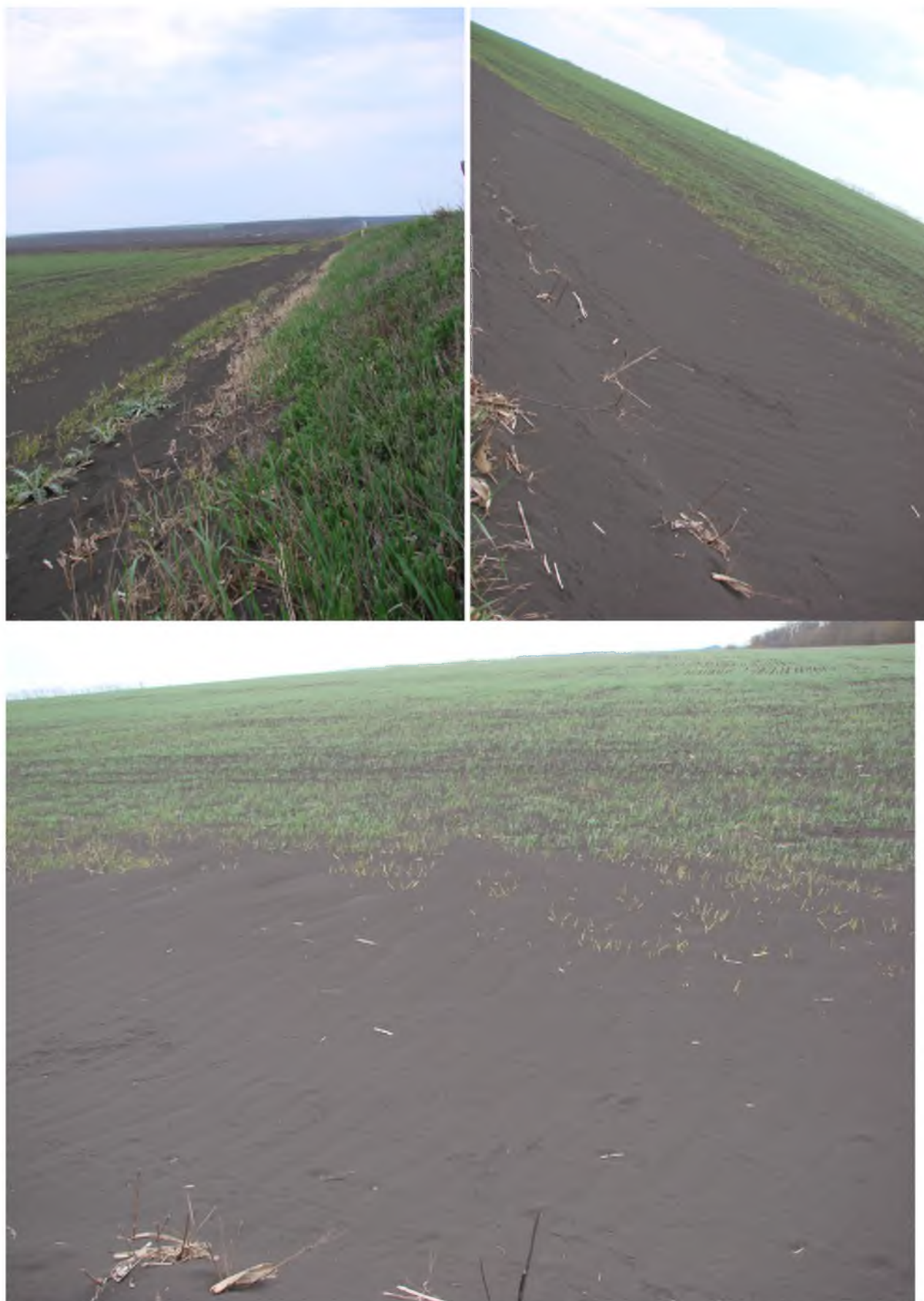


Рис. А.2 Поля під впливом вітрової ерозії

Додаток Б
Умови роботи сошника



а



б



в



д



ж



з

Рис. Б.1 Поверхневий вигляд поля для роботи сівалок прямого посіву:
а – кукурудзяне поле після збирання врожаю; б – поле після збирання врожаю соняшника; в – пшеничне поле після збирання врожаю; д – поле після соняшника; ж – пасовище; з – покинута земельна ділянка, не орана два роки

Додаток В

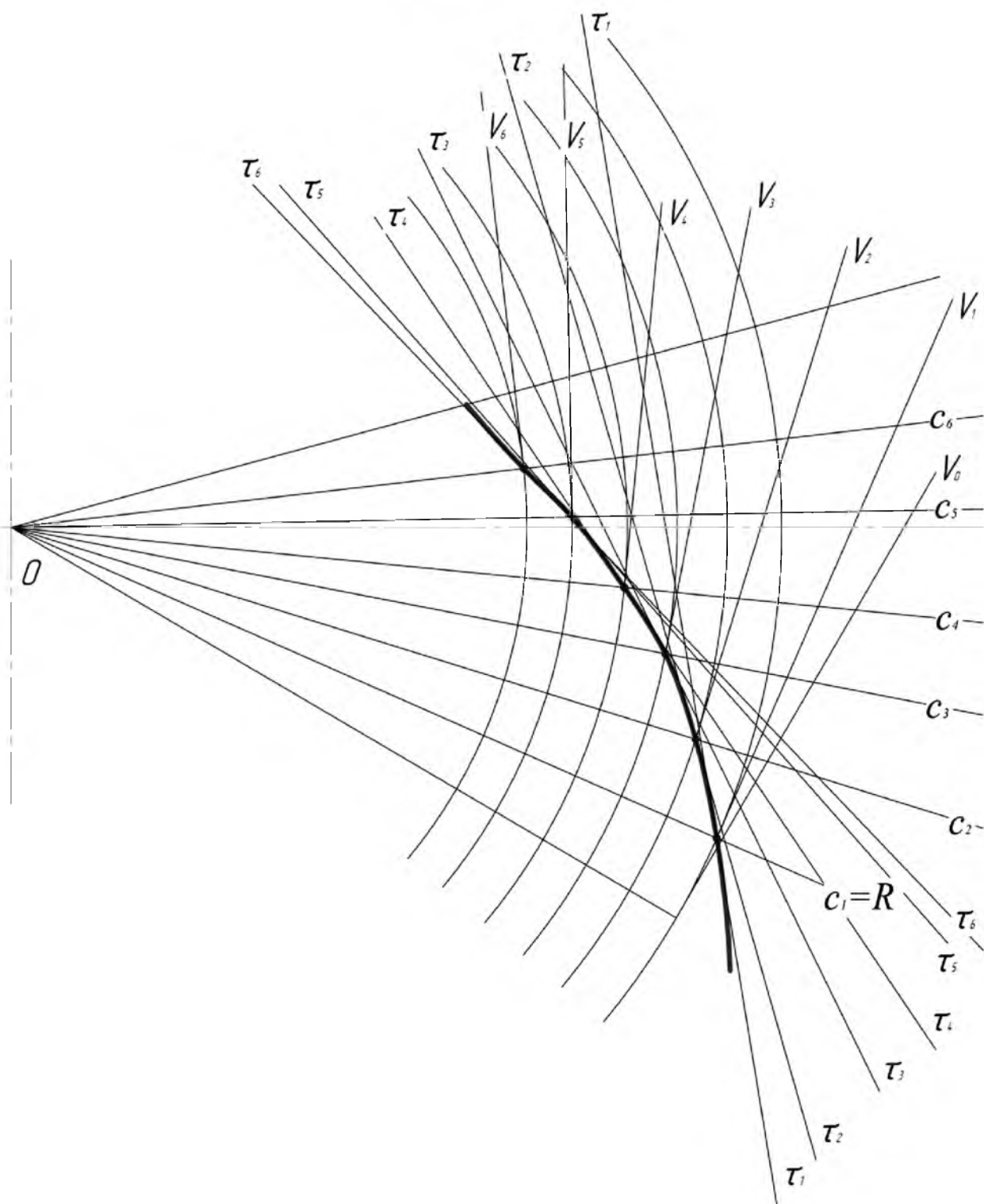
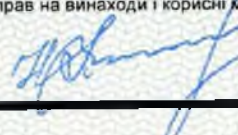


Рис. В.1 Проект форма леза ріжучого елемента сошника

Додаток Г

Описи до деклараційних патентів

	УКРАЇНА	(11) 17212
	(19) (UA)	(51) МПК (2006) A01C 7/00
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ	Деклараційний патент на корисну модель
видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"		
Голова Державного департаменту інтелектуальної власності		
М. Паладій		
(21) u 2006 03187 (22) 24.03.2006 (24) 15.09.2006 (46) 15.09.2006. Бюл. № 9		
(72) Сисолін Петро Васильович, Свірень Микола Олександрович, Лісовий Іван Олександрович, Сисоліна Ірина Петрівна (73) Кіровоградський національний технічний університет		
(54) ПОСІВНА СЕКЦІЯ		
		



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17212 (13) U
(51) МПК (2006)
A01C 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПОСІВНА СЕКЦІЯ

1

2

(21) u200603187

(22) 24.03.2006

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Сисолін Петро Васильович, Свіреня Микола
Олександрович, Лісовий Іван Олександрович, Си-
соліна Ірина Петрівна(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХ-
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ(57) 1. Посівна секція, яка складається з бункера
для насіння, висівного апарату, насінневого сош-
ника, тукового сошника, загортачів, прикочуваль-
них котків, чотириланкової підвіски, яка відрізня-
ється тим, що попереду насінневого сошника
встановлено туковий сошник у вигляді підживлюю-
чого ножа, який складається з стояка, до якого
закріплено долото, а за ним глуха площадка з фо-
рмуючим виступом та лійкою, а у лобовій частині
стояка закріплено ніж, перед яким встановлено
зубчастий диск-очисник.2. Посівна секція за п. 1, яка відрізняється тим,
що глуха площадка закріплена до стояка вищерізальної частини долота, а формуючий виступ її
спрямовано у бік борозни.3. Посівна секція за пп. 1, 2, яка відрізняється
тим, що формуючий виступ глухої площадки роз-
ташовано за стояком під лійкою.4. Посівна секція за пп. 1, 2, яка відрізняється
тим, що в пазу лобової частини стояка закріплено
ніж, різальна частина якого виступає уперед від
лобової поверхні стояка.5. Посівна секція за п. 1, яка відрізняється тим,
що зуби зубчастого диска-очисника відігнуті на
гострий кут почергово у різні боки від площини
диска.6. Посівна секція за п. 1, яка відрізняється тим,
що повідок зубчастого диска-очисника закріплено
жорстко до повідка механізму навішування посів-
ної секції до рами сіялки з можливістю зміни їх
взаєморозташування.7. Посівна секція за п. 1, яка відрізняється тим,
що насінневий сошник встановлено дещо збоку
відносно сліду тукового сошника.Корисна модель відноситься до сільськогос-
подарського машинобудування та, зокрема, до
вузлів сіялок, призначених для утворення борід
та розміщення в них посівного матеріалу.Найбільш близькою по конструкції є посівна
секція [1], яка складається з бункера для насіння,
висівного апарату, насінневого сошника, тукового
сошника, загортачів, прикочувальних котків, пара-
лелограмної підвіски. Така секція якісно працює на
підготовлених під сівбу полях без наявності на них
рослинних решток. Але для роботи на полях не
підготовлених під сівбу без попередньої передпосі-
вної культивування така посівна секція не придатна,
оскільки не зможе зануритися в не розпушений
грунт і буде забиватись рослинними рештками.Задача, на вирішення якої спрямована дана
корисна модель, полягає в значному поліпшенні
якості виконання технологічного процесу роботи
такої посівної секції на непідготовлених для сівби
полях шляхом забезпечення занурення сошників в
попередньо не розпушений грунт та забезпеченняочистки стояка тукового сошника від рослинних
решток, тобто для здійснення, так званої, прямої
сівби просапних культур.Поставлену задачу пропонується вирішувати
створенням посівної секції, у якій для створення
борід під посівний матеріал послідовно встанов-
лені зубчастий диск-очисник, туковий сошник у
вигляді підживлюючого ножа для внесення міне-
ральних добрив, найбільш близьким по конструкції
якого є підживлюючий ніж [2] та насінневий сошник
для загортання насіння. Якість роботи тукового
сошника полягає у тому, що для запобігання заби-
ванню лійки знизу грунтом під час опускання посі-
вної секції на поверхню поля та необхідного фор-
мування дна борозни, за долотом, вище ріжучої
частини його, перед лійкою закріплено глуху пло-
щадку, яка закінчується формуючим дно борозни
виступом. Причому, формуючий виступ розташо-
вано за стояком під лійкою.Для очищення стояка тукового сошника від
рослинних решток у лобовій частині його закріпле-

(13) U

17212

(11)

(19) UA

3

17212

4

но плоского ножа, а перед ножем закріплено до поводка чотириланкової підвіски посівної секції зубчастий диск-очисник, який під час роботи спирається об поверхню поля, а тому примусово обертається і своїми зубами очищає стояк від рослинних решток.

Зміст корисної моделі пояснюється кресленням, де на Фіг.1. зображена конструкція посівної секції.

Посівна секція складається з бункера 1, висівного апарата 2, насіннєвого сошника 3, тукового сошника 4, зубчастого диска-очисника 5, прикочувальних котків 6, чотириланкової підвіски 7.

Туковий сошник складається з стояка з лійкою 8, до якого закріплені долото 9, глуха площадка 10 з формуючим виступом 11 та ніж 12.

У зубчастого диска-очисника 5 зуби відігнуті почергово у різні боки від площини диску. Поводок 13 диска-очисника зовнім від диску кінцем шарнірно кріпиться до одного з поводків чотириланкової підвіски 7 посівної секції і жорстко фіксується до нього через регулятор глибини ходу сошника 14.

Працює посівна секція наступним чином. При опусканні посівної секції на ґрунт вона спирається на глуху площадку 10 тукового сошника 4 і цим захищає лійку його від забивання ґрунтом, а також захищає від забивання і насіннєвий сошник 3, тому що він розташований вище глухої площадки тукового сошника.

При русі сіялки туковий сошник 4 за рахунок долота 9 занурюється у ґрунт. Під час роботи долото та ніж 12 руйнують ґрунт і рослинні рештки, а формуючий виступ 11 відкриває і формує борозну в розпушеному долотом ґрунті. У відкриту сформовану борозну з лійки поступають мінеральні добрива.

Поскілки туковий сошник розпушує ґрунт і з

боків від себе, а насіннєвий сошник 3 розташований дещо збоку (на 2-3см) від центра борозни, яку створює туковий сошник, то насіннєвий сошник працює вже у розпушеному ґрунті і близько біля стінки відкритої борозни, в яку покладено вже мінеральні добрива.

Завдяки цьому використовується конструкція звичайного насіннєвого сошника просапних сіялок з вузьким кілеподібним наральником, що забезпечує необхідне формування борозни і якісне загортання насіння.

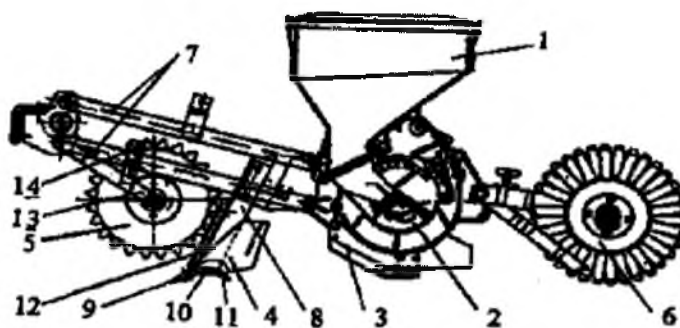
Наявність установки перед ножем 12 зубчастого диска-очисника 5 дозволяє виконувати сіячу на підготовлених і непідготовлених під сіячу полях, тому що зубчастий диск-очисник за рахунок контакту з поверхнею поля під час руху сіялки обертається і своїми зубами сумісно з ножем 12 перебиває рослинні рештки, які накопичуються попереду ножа і цим самим очищує стояк тукового сошника 4 від рослинних решток.

Глибина ходу сошника, окрім зміни сили тиску натискних штанг сіялки, установлюється ще й за рахунок підймання або опускання зубчастого диска-очисника відносно поводка чотириланкової підвіски сошника за допомогою регулятора глибини ходу 14. Завдяки цьому забезпечується однакова глибина загортання посівного матеріалу усіма посівними секціями сіялки.

Джерела інформації:

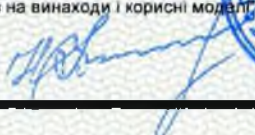
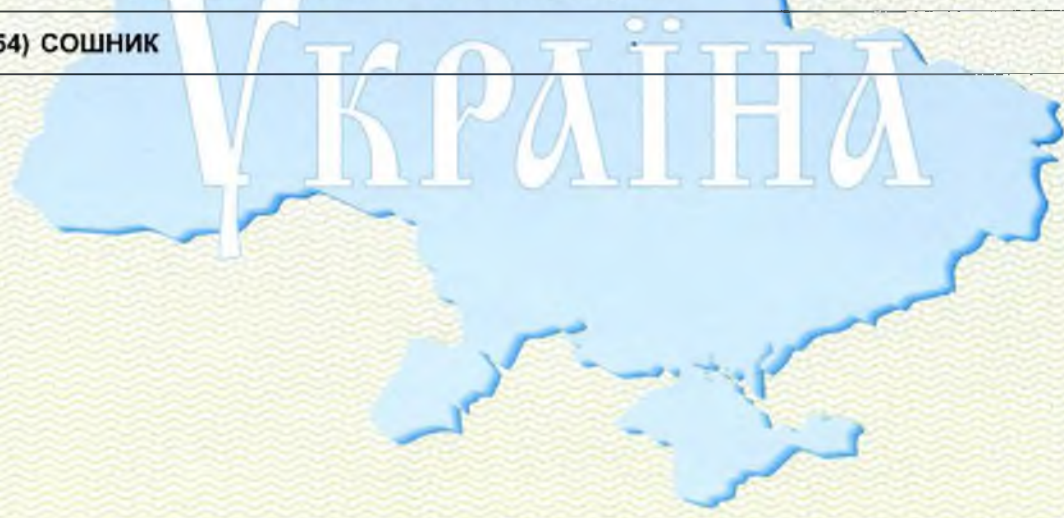
1. Сысолин П.В., Погорелый Л.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: История, машиностроение, конструирование. -К, Феникс, 2005. -264с. (Рис.3.59).

2. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. -М: Колос, 1980. -670с. (Рис.52,г).



Фіг.1

Додаток Г
(продовження)

	УКРАЇНА (19) (UA)	(11) 17214 (51) МПК (2006) A01C 7/00
		
Деклараційний патент на корисну модель		
видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"		
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ	 	М. Паладій
(21) u 2006 03190 (22) 24.03.2006 (24) 15.09.2006 (46) 15.09.2006. Бюл. № 9		
(72) Сисолін Петро Васильович, Свірень Микола Олександрович, Лісовий Іван Олександрович, Сисоліна Ірина Петрівна (73) Кіровоградський національний технічний університет		
(54) СОШНИК		
		



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **17214** (13) **U**
(51) МПК (2006)
A01C 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СОШНИК

1

2

(21) u200603190

(22) 24.03.2006

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Сисолін Петро Васильович, Свірень Микола
Олександрович, Лісовий Іван Олександрович, Си-
соліна Ірина Петрівна(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХ-
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ(57) 1. Сошник, який являє собою борозноутворю-
вач, складається з стояка, до якого у нижній час-
тині закріплено долото, а позаду за стояком закрі-
плена лійка для спрямування посівного матеріалу
у борозну, нижня задня частина якої виконана від-
критою, який відрізняється тим, що він склада-
ється з зубчастого диска-очисника та закріпленого
за ним борозноутворювача.2. Сошник за п. 1, який відрізняється тим, що за
долотом борозноутворювача, вище різальної його
частини, закріплено глуху площадку, яка закінчу-ється формуючим виступом, спрямованим у бік
борозни.3. Сошник за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що
формуючий виступ глухої площадки розташовано
за стояком під лійкою.4. Сошник за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що
за лійкою закріплена насіннезагортаюча п'ятка.5. Сошник за пп. 1, 2, який відрізняється тим, що
в пазу лобової частини стояка закріплено ніж, рі-
зальна частина якого виступає уперед від лобової
поверхні стояка.6. Сошник за п. 1, який відрізняється тим, що
зуби зубчастого диска-очисника відігнуті на гост-
рий кут по чергову у різні боки від площини диска.7. Сошник за п. 1, який відрізняється тим, що
повідок зубчастого диска-очисника закріплено жо-
рстко до повідка чотириланкового механізму наві-
шування сошника до рами сівалки з можливістю
зміни їх взаєморозташування.Корисна модель відноситься до сільськогос-
подарського машинобудування та, зокрема, до
вузлів сівалок, призначених для утворення борід
та розміщення в них посівного матеріалу.Найбільш близьким по конструкції є сошник
(підживлюючий ніж) [1], який використовується для
внесення в ґрунт мінеральних добрив під час під-
живлення рослин при міжрядному обробітку про-
сапних культур. Він складається з стояка, до якого
у нижній частині закріплено долото, яке інтенсивно
розпушує ґрунт під час руху машини, лійки, яка
закріплена до стояка за долотом, для спрямування
мінеральних добрив у борозну. Такий сошник до-
бре занурюється навіть в ущільнений ґрунт, але
використати його для сівби насіння не можна ви-
ходячи з таких недоліків:- долото не утворює борозни з ущільненими
стінками, а тому посівний матеріал лягає на роз-
пушений ґрунт;- щічки лійки розміщені високо від дна бороз-
ни, щоб під час опускання сошника на ґрунт лійка
ним не забивалася, що сприяє частковому загор-
тання борозни пухким ґрунтом до попадання у неї

посівного матеріалу;

- такі сошники не можуть працювати на полях
засмічених бур'яном та рослинними рештками, у
зв'язку з швидким накопиченням їх на стояках і
внаслідок чого відбуваються порушення технологі-
чного процесу сівби.Задача, на вирішення якої спрямована дана
корисна модель, полягає в значному поліпшенні
якості виконання технологічного процесу роботи
такого сошника шляхом забезпечення необхідного
формування дна борозни, загортання насіння на
заданій глибині в ущільненому ґрунті, забезпече-
ння очистки стояка від рослинних решток.Поставлену задачу пропонується вирішувати
створенням сошника, який складається з зубчато-
го диску-очисника та борозноутворювача. Якість
роботи борозноутворювача полягає у тому, що
для запобігання забивання ґрунтом насіннепро-
водної лійки під час опускання сошника на поверхню
поля та необхідного формування дна борозни, за
долотом, вище ріжучої частини його, перед лійкою
закріплено глуху площадку, яка закінчується фор-
муючим дном борозни виступом. Причому, форму-(13) **U**(11) **17214**(19) **UA**

Додаток Г
(продовження)

3

17214

4

ючий виступ розташовано за стояком під лійкою. За лійкою закріплюється насіннезагортаюча п'ятка, яка запобігає перерозподілу насіння по глибині загортання після його контакту з ґрунтом.

Для очищення стояка борозноутворювача від рослинних решток у лобовій частині його закріплено плоского ножа, а перед ножом закріплено до поводка чотириланкової підвіски сошника зубчастий диск-очисник, який під час роботи спирається об поверхню поля, а тому примусово обертається і своїми зубами очищає стояк від рослинних решток.

Зміст корисної моделі пояснюється фігурами, де

на Фіг.1 зображена конструкція сошника;
на Фіг.2 - переріз А-А на Фіг.1.

Сошник складається з борозноутворювача 1 та зубчастого диска-очисника 2.

Борозноутворювач складається з стояка 3, до якого закріплені долото 4, глуха площадка 5 з формуючим виступом 6, лійка 7, ніж 8 та до щічок лійки закріплена насіннезагортаюча п'ятка 9.

Зубчастий диск-очисник складається з зубчастого диска 10, зуби якого відігнуті почергово у різні боки від площини диску, який закріплено до поводка 11 за допомогою вісі 12 з підшипниками 13. Поводок диска-очисника зовнім від диску кінцем шарнірно кріпиться до поводкового кронштейну 14 і жорстко фіксується, наприклад, з нижнім поводком 15 чотириланкової підвіски сошника через регулятор глибини ходу сошника 16.

Працює сошник наступним чином. При опусканні сошника на ґрунт він опирається на глуху площадку 5 і цим захищає лійку 7 від забивання її ґрунтом.

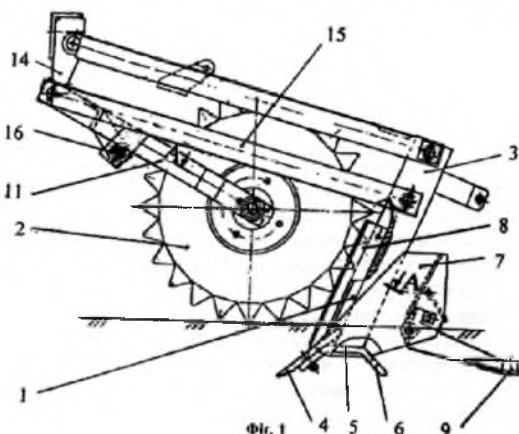
При русі сівалки борозноутворювач за рахунок долота 4 занурюється у ґрунт. Під час роботи до-

лото та ніж 8 руйнують у вертикальній площині ґрунт і рослинні рештки, а формуючий виступ 6 відкриває і формує борозну в розпушеному долом ґрунті. У відкриту сформовану борозну з лійки 7 поступає посівний матеріал. В момент контакту посівного матеріалу з дном борозни його перерозподілу по глибині залягання запобігає насіннезагортаюча п'ятка 9, яка утримує його в притиснутому до дна борозни стані до повного засипання борозни ґрунтом. Така послідовність розташування робочих елементів сошника (долото, глуха площадка, формуючий виступ, лійка та насіннезагортаюча п'ятка) суттєво підвищує рівномірність залягання посівного матеріалу по глибині в ущільненому шарі ґрунту, що забезпечує одночасність сходів і цим самим підвищення урожайності. Наявність установки перед ножом 8 зубчастого диска-очисника 2 дозволяє виконувати сівбу на підготовлених і не підготовлених під сівбу полях, тому що зубчастий диск-очисник за рахунок контакту з поверхнею поля під час руху сівалки обертається і своїми зубами сумісно з ножом 8 перебиває рослинні рештки, які накопичуються попереду ножа і тим самим очищує стояк 3 від рослинних решток.

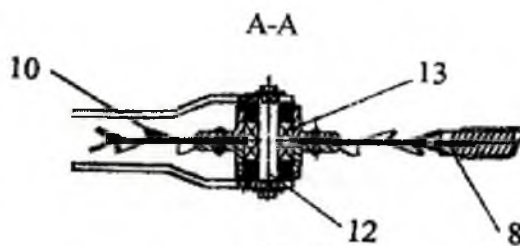
Глибина ходу сошника, окрім зміни сили тиску натискних штанг сівалки, установлюється ще й за рахунок підймання або опускання зубчастого диска-очисника відносно поводка паралелограмної підвіски сошника за допомогою регулятора глибини ходу 16. Завдяки цьому забезпечується однакова глибина загортання посівного матеріалу усіма сошниками сівалки.

жерело інформації:

1. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины М.: Колос, 1980. - 670с. (Рис.52, г).



Фіг. 1



Фіг. 2

Додаток Г
(продовження)



Додаток Г
(продовження)



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **79456** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
A01B 59/00
A01B 63/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

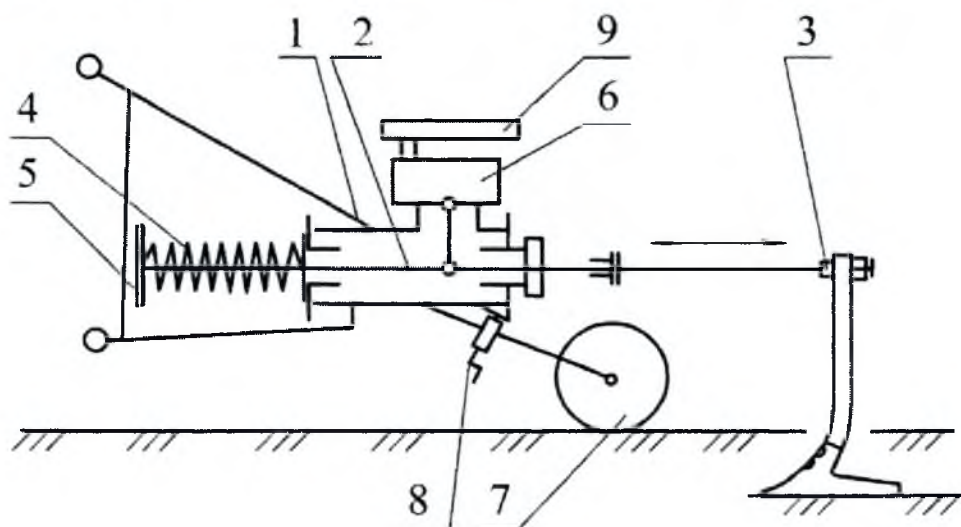
(21) Номер заявки: **u 2012 11570**
(22) Дата подання заявки: **08.10.2012**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.04.2013**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.04.2013, Бюл.№ 8**

(72) Винахідник(и):
Сало Василь Михайлович (UA),
Лузан Петро Григорович (UA),
Лещенко Сергій Миколайович (UA),
Лісовий Іван Олександрович (UA),
Лузан Олена Романівна (UA)
(73) Власник(и):
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
пр. Університетський, 8, м. Кіровоград,
25006 (UA)

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ТА ПОСІВНИХ МАШИН

(57) Реферат:

Пристрій для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин містить корпус-напрячник з навіскою для приєднання до засобу агрегаткування та рухомий гряділь з кронштейном для приєднання робочих органів та тензодатчик, який безпосередньо з'єднаний з гряділем.



UA 79456 U

Додаток Г
(продовження)

UA 79456 U

Корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, безпосередньо до пристроїв для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин, і може бути використана в інших галузях для визначення тягового опору подібних машин.

5 Пристрої для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин відомі [1, 2, 3], відомі також тензометричні датчики [4], які використовуються для визначення ваги вантажів.

10 Принцип дії пристрою [1] дозволяє здійснювати візуальне спостереження за зміною величини зусилля по шкалі, тобто отримувати відповідну інформацію, але для проведення досліджень процесів, що протікають при контакті робочих органів сільськогосподарських машин з ґрунтом, необхідний одночасний запис відповідних параметрів з використанням аналогового сигналу. Динамометри такої можливості не забезпечують.

Запропонований пристрій [2] дає можливість здійснювати запис контрольованого параметра, однак вимагає великих затрат для обробки та аналізу отриманої інформації.

15 Використання розроблених та вдосконалених на їх основі сучасних тензометричних лабораторій [3] дозволяє виконувати дослідження тягового опору робочих органів сільськогосподарських машин та проводити аналіз отриманої інформації без особливих труднощів. Однак, велика вартість і енергоємність апаратури, яка використовується, не дозволяє широко застосовувати їх у наукових дослідженнях.

20 Найбільш близьким аналогом за сукупністю ознак до корисної моделі є пристрій [2], який включає корпус-напрячник з навіскою для приєднання до засобу агрегування, через який, спираючись на підшипникові вузли, проходить гряділь з пружиною і упором, до якого за допомогою кронштейна кріпляться робочі органи, опорні колеса з механізмом регулювання глибини ходу робочих органів та записуючого пристрою.

25 Задачею корисної моделі є спрощення конструкції пристрою для визначення тягового опору ґрунтообробних та посівних машин і зменшення енергетичних та грошових витрат на проведення досліджень.

30 Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин, який містить корпус-напрячник з навіскою для приєднання до засобу агрегування та рухомий гряділь з кронштейном для приєднання робочих органів, згідно з корисною моделлю, реєстрація величини тягового опору робочих органів здійснюється тензодатчиком, який безпосередньо з'єднаний з гряділем.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому наведено пристрій для визначення тягового опору ґрунтообробних та посівних машин.

35 Пристрій для визначення тягового опору ґрунтообробних та посівних машин складається з корпусу-напрячника з навіскою для приєднання до засобу агрегування 1, через який, спираючись на підшипникові вузли, проходить гряділь 2 з кронштейном 3 для кріплення досліджуваних робочих органів пружиною 4 і упором 5, тензодатчика 6, персонального комп'ютера 9, опорних коліс 7 з механізмом регулювання глибини ходу робочих органів 8.

40 Працює пристрій наступним чином.

36 За допомогою корпусу-напрячника з навіскою 1 пристрій приєднується до засобу агрегування. Під час руху засобу агрегування, в результаті взаємодії робочих органів з ґрунтом виникає тяговий опір, що передається через гряділь 2, який переміщується в підшипникових вузлах, на тензодатчик 6, принцип роботи якого ґрунтується на зміні опору тензорезистора в результаті його переміщення, та наступного його перетворення в електричний сигнал, який передається на персональний комп'ютер 9 для подальшої обробки. Регулювання глибини ходу робочих органів здійснюється зміною положення опорних коліс 7 за допомогою механізму регулювання глибини ходу 8. Для обмеження руху гряділя і утримання його в корпусі-напрячнику служать пружина 4 і упор 5.

50 Пристрій може використовуватися для визначення тягового опору робочих органів сільськогосподарських машин як у ґрунтовому каналі так і в польових умовах.

Таким чином, запропонована корисна модель дає змогу отримувати доступну для візуального спостереження і обробки аналогову інформацію про зміну величини контрольованого параметру без залучення коштовної і енергоємної апаратури. Використання даного пристрою та запис параметрів технологічних процесів може здійснювати один дослідник.

55 Джерела інформації:

1. Козаченко О.В. Дослідження конструкцій і режимів роботи робочих органів культиваторів [Електронний ресурс] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Науковий вісник НУБіП України. - 2010. - Вип. 144, Ч. 4. - Режим доступу до вісника: http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnu/2010_144_4/zmist.html. (01.07.2012).

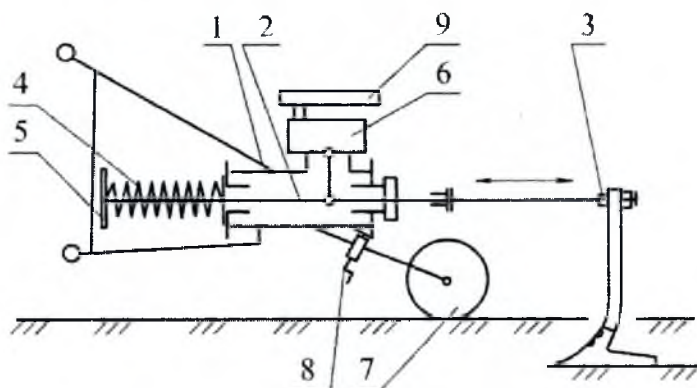
Додаток Г
(продовження)

UA 79456 U

2. Пристрій для дослідження параметрів функціонування робочих органів ґрунтообробних та посівних машин: Деклараційний пат. 31569 А Україна, МПК А01В59/00: А01В63/00 / Сало В.М., Дейкун В.А., Калашнік А.Л., Трикін М.М., Мартиненко С.В.; заявник і патентовласник Кіровоград, нац. техн. ун-т. - № 98095106; заявл. 29.09.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7-ІІ.
- 5 3. Макаревич Л.М. Современные методы и приборы для научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении / Л.М. Макаревич, Г.Т. Клейман. - М.: ОНТИ ВИСХОМ, 1971.
- 10 4. Тензометрический датчик [Электронный ресурс]: Материал из Википедии - свободной энциклопедии. - Режим доступа до ресурса: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Тензометрический датчик](http://ru.wikipedia.org/wiki/Тензометрический_датчик). (01.07.2012).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 15 Пристрій для визначення тягового опору робочих органів ґрунтообробних та посівних машин, який включає корпус-напрямок з навіскою для приєднання до засобу агрегування та рухомий гряділь з кронштейном для приєднання робочих органів, який відрізняється тим, що реєстрація величини тягового опору робочих органів здійснюється тензодатчиком, який безпосередньо з'єднаний з гряділем.

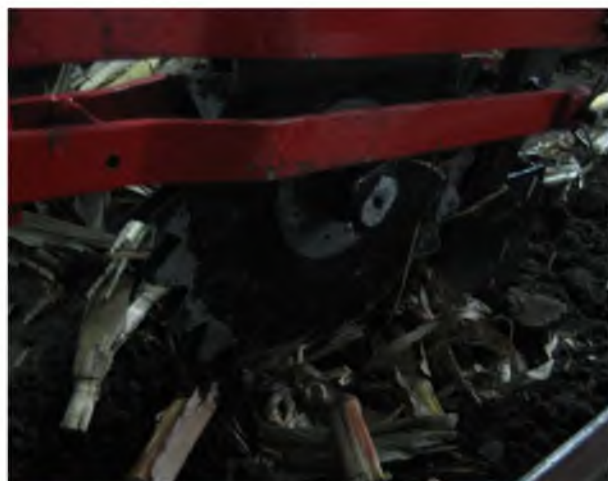


Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Додаток Д
Експериментальний пошук конструкції



Автори:

Лісовий Іван Олександрович,
Бойко Анатолій Іванович,
Банний Олександр Олександрович,
Пушка Олександр Сергійович

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ОЧИСТКИ СОШНИКА ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ**

Монографія

Підписано до друку 11.01.2016 р. Формат 60×84 1/16.
Ум. друк. арк. 9,3. Папір офсетний.
Друк різнограф. Тираж 300. Заказ № 5701.

ФО-П Александрова Марина В'ячеславівна.
Свідоцтво про реєстрацію серія БО 2 №521706.
м. Кіровоград, вул. Пашутінська, 12, оф. 4
тел./факс: (0522) 24-86-34, 27-02-24,
www.avangard.kr.ua, e-mail: info@avangard.kr.ua

