

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ
ДВОФАЗНОЇ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання
БІЛЯНСЬКИЙ Дмитро Юрійович

Керівник:

к.т.н., доцент
ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« _____ » _____ 2025р.

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2025р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ **ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙОЇ РОБОТИ.....	4
АНОТАЦІЯ.....	5
РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ....	10
1.1 Коротка історична довідка розвитку сівби просапних культур	10
1.2 Агротехнічні вимоги до сівби просапних культур	12
1.3 Аналіз сучасного технічного забезпечення сівби просапних культур	14
1.3.1 Конструктивні особливості сошників.....	15
1.3.2 Обладнання для притискання та прикочування насіння.....	16
1.3.3 Засоби контролю та регулювання тиску посівної секції на ґрунт.....	22
1.4 Огляд досліджень із механізації сівби просапних культур.....	24
1.5 Огляд досліджень динаміки руху посівних машин і їх робочих органів	26
1.6 Прогноз розвитку процесу реалізації високоякісної сівби просапних культур.....	30
Мета та завдання дослідження.....	33
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОФАЗНОЇ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ.....	34
2.1 Концепція реалізації високоякісної сівби просапних культур	34
2.2 Динаміка руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля.....	38
2.3 Математична модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска	40
2.4 Імітаційне моделювання процесу функціонування двофазної сошникової системи.....	44
Висновки до розділу.....	54

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..	55
3.1 Програма проведення експериментальних досліджень	55
3.2 Прилади та обладнання для забезпечення експериментальних лабораторних і лабораторно-польових досліджень.....	56
3.3 Методика дослідження якості сівби двофазною сошніковою системою.....	62
3.4 Методика визначення моментів інерції щілиноутворювача і вдавлюючого диска	65
3.5 Методика визначення агротехнічних показників роботи експериментальної сошнікової системи у виробничих умовах.....	67
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО - ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ.....	70
4.1 Перевірка основних параметрів виготовленої двофазної сошнікової системи для сівби просапних культур.....	70
4.2 Дослідження характеру зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння.	
4.3 Лабораторно-польові дослідження сошнікової системи.....	76
4.4 Порівняльні показники роботи експериментальної сошнікової системи.....	80
Висновки до розділу.....	82
РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	83
5.1 Впровадження результатів досліджень.....	83
5.2 Економічна ефективність від впровадження результатів роботи	84
Висновки до розділу.....	87
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...88	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97
ДОДАТОК А.....	102

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 208 - «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

доцент _____ Василь ДУГАНЕЦЬ

„04” квітня 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Здобувачу БЛЯНСЬКОМУ Дмитру Юрійовичу

1. Тема роботи: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ ДВОФАЗНОЇ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ СІВАЛКИ»

2. Керівник роботи: ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович, доцент

Затверджено наказом Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року № 355с.

Термін подання здобувачем закінченої роботи 22 листопада 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Матеріали з технологій сівби сільськогосподарських просапних культур.
2. Науково-технічна література.
3. Результати досліджень та випробувань двофазної сошникової системи сівалки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ

1. Стан питання та постановка завдань дослідження.
2. Теоретичні дослідження двофазної сошникової системи.
3. Програма і методика експериментальних досліджень.
4. Результати лабораторно-польових досліджень роботи сошникової системи.
5. Розрахунок економічної ефективності та впровадження результатів досліджень.
6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Загальні висновки по роботі.

Список використаних джерел.

Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Титульний аркуш.
2. Мета і завдання досліджень.
3. **Аналіз сучасного технічного забезпечення сівби просапних культур.**
4. Конструктивні особливості сошників.
5. Секція сівалки Maestro CC від «HORSCH».
6. Результат нерівномірної глибини загортання насіння.
7. Основні стадії заробки насіння двофазним способом.
8. Динаміка руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля.
9. Математична модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска.
10. Імітаційне моделювання процесу функціонування двофазної сошникової системи.
11. Загальний вигляд лабораторно-польової установки.
12. Пропонована сошникова система на сівалці John Deere 7000.
13. Перевірка основних параметрів виготовленої двофазної сошникової системи для сівби просапних культур.
14. Результати лабораторно-польових досліджень сошникової системи.
15. Результати розрахунку річної економії та річного економічного ефекту від впровадження обладнаної двофазною сошnikовою системою.
16. Загальні висновки по роботі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	ДЕВІН В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 04 квітня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Термін виконання розділів роботи		Примітка
		планово	фактично	
	Вступ	06.04.2025 р.	06.04.2025 р.	
1.	Стан питання та постановка завдань дослідження.	27.04.2025 р.	27.04.2025 р.	
2.	Теоретичні дослідження двофазної сошникової системи.	03.05.2025 р.	03.05.2025 р.	
3.	Програма і методика експериментальних досліджень.	20.05.2025 р.	20.05.2025 р.	
4.	Результати лабораторно-польових досліджень роботи сошникової системи.	12.07.2025 р.	12.07.2025 р.	
5.	Розрахунок економічної ефективності та впровадження результатів досліджень	30.07.2025 р.	30.07.2025 р.	
6.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	10.09.2025 р.	10.09.2025 р.	
	Загальні висновки по роботі.	10.10.2025 р.	10.10.2025 р.	
	Список використаних джерел.	10.11.2025 р.	10.11.2025 р.	
	Додатки.	24.11.2025 р.	24.11.2025 р.	

Здобувач
Керівник

Дмитро БЛЯНСЬКИЙ
Василь ДУГАНЕЦЬ

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі магістра представлено дослідження, що мають на меті покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

Для порівняльної оцінки роботи двофазної сошникової системи в польових умовах визначено коефіцієнти варіації глибини заробки насіння, відстані між рослинами в рядку, польову схожість насіння та середню щільність ґрунту в зоні залягання насіння.

SUMMARY

The master's qualification work presents research aimed at improving the quality of sowing row crops in modern agricultural technologies by substantiating the parameters of a two-phase coulter system for row seeders.

For a comparative assessment of the operation of a two-phase coulter system in field conditions, the coefficients of variation of the seeding depth, the distance between plants in a row, the field germination of seeds and the average soil density in the seeding zone were determined.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 95 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 2 таблиці, 61 рисунок, 50 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 17 слайдах.

Метою роботи є покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

В процесі виконання роботи використовувались механіко-математичні методи моделювання технологічного процесу на базі вищої математики, теоретичної механіки та теорії ймовірності.

В результаті проведених досліджень обґрунтовано і розроблено двофазну сошникову систему для сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства. Розроблено математичну модель руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля. Обґрунтовано і експериментально підтверджено раціональні конструктивні та технологічні параметри двофазної сошникової системи для просапних сівалок. Визначено конструктивно-технологічні параметри сошникової системи для сівби просапних культур, на основі яких розроблено конструкторську документацію і виготовлено експериментальний зразок секціїсівалки для сівби просапних культур.

Ключові слова: ЯКІСТЬ СІВБИ, ДВОФАЗНА СОШНИКОВА СИСТЕМА, ТВЕРДІСТЬ ҐРУНТУ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з необхідних умов отримання високих урожаїв просапних культур, поряд із підготовкою ґрунту, догляду за посівами, є забезпечення розподілу насінневого матеріалу у відповідності до агрономог. Це сприяє забезпеченню рослин необхідною кількістю світла, вологи, тепла та поживними речовинами.

Забезпечити якість сівби на належному рівні – це не просте завдання, адже насіння, навіть однієї культури, відрізняється формою і розмірами, що впливає на якість їх розподілу по глибині та довжині рядка, а також на відхилення від прямолінійного розміщення. Нерівномірність розподілу насіння вимагає збільшення норми висіву для покращення формування густоти сходів, і призводить до збільшення його витрат. Якщо якість розподілу насіння по площі і стійкість заданої норми висіву головним чином залежить від конструкції висівного апарату та швидкості руху сівалки в полі, то стійкість глибини загортання насіння в значній мірі визначається якістю роботи сошникової системи сівалки.

При роботі посівного агрегату зміна опору ґрунту і нерівності поверхні поля викликають коливання сошника в поздовжньо-вертикальній площині, що призводить до нестійкого руху останнього на заданій глибині. З підвищенням швидкості руху посівного агрегату зростає амплітуда коливання сошника в поздовжньо-вертикальній площині, що значно збільшує нерівномірність глибини загортання насіння. Існуючі конструкції сошникових систем сівалок не забезпечують достатнього ступеня точності розподілу насінневого матеріалу просапних культур в ґрунті.

Отже, обґрунтування раціональної конструкції і параметрів роботи сошникової системи для сівби просапних культур, що забезпечує двофазну заробку насіння, є актуальною проблемою сільськогосподарського виробництва.

Робота виконувалась у Науково-дослідному центрі «Поділля» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

– провести аналіз існуючих способів і засобів реалізації сівби просапних культур сошниковими сівалками та обґрунтувати концепцію вдосконалення процесу і засобу його реалізації;

– провести теоретичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтовим середовищем, як єдиної динамічної системи і розробити математичну модель руху запропонованої сошникової системи по нерівностях поверхні поля;

– провести експериментальні лабораторні та лабораторно-польові дослідження функціонування запропонованої сошникової системи;

оцінити економічну ефективність впровадження результатів досліджень у виробництво.

Об'єкт дослідження – технологічний процес двофазного способу заробки насіння просапних культур з формуванням клиноподібного насінневого ложе і доставкою насіння на задану глибину вдавлюванням.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів двофазної сошникової системи та показників якості проведення сівби просапних культур.

Методи дослідження. Обґрунтування параметрів функціонування сошникової системи базувались на аналізі взаємодії елементів конструкції сошникової системи з ґрунтовим середовищем у процесі сівби. При проведенні теоретичних досліджень використовувались механіко-математичні методи моделювання технологічного процесу на базі вищої математики, теоретичної механіки та теорії ймовірності.

Експериментальні дослідження проводились як на стандартних, так і спеціально спроектованих та виготовлених установках в лабораторних і виробничих умовах з використанням загальноприйнятих та розроблених методик. При проведенні експериментальних досліджень застосовувались математичні методи планування експерименту та їх обробка з використанням програмних продуктів Excel, Statistica, MathCad та Компас 3D.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивно-технологічні параметри сошникової системи для сівби просапних культур, на основі яких розроблено конструкторську документацію і виготовлено експериментальний зразок секції сівалки для сівби просапних культур.

Результати наукових досліджень прийнято до впровадження у виробництво при розробленні технічних рішень для вдосконалення процесів сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства у ПП «КВІН-МАЙСТЕР» (м. Кам'янець-Подільський).

Апробація результатів роботи. Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи обговорювались і схвалювались на Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та молодих науковців «Перші наукові кроки – 2025», а також розглянуті на засіданні кафедри під час попереднього розгляду кваліфікаційної роботи.

Білянський Д.Ю. «Особливості конструкцій висівних секцій сівалок фірми JOHN DEERE для сівби просапних культур»

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сівба є однією з найважливіших операцій при вирощуванні просапних культур. Від якості, способу і термінів сівби залежить рівномірність та швидкість проростання, ріст і розвиток, а в кінцевому результаті і урожай. Особливо важливе значення відіграє якість сівби при переході до технологій точного землеробства.

Технологія точного землеробства ускладнює задачі сівби і вимагає чіткої реалізації змінних норм внесення насіннєвого матеріалу для забезпечення оптимальної площі живлення кожної окремої рослини. Кожна елементарна ділянка в межах одного поля відрізняється за продуктивною здатністю. При сівбі необхідно розподілити насіння відповідно до продуктивної здатності ділянки, забезпечити необхідними елементами живлення найбільш можливу кількість рослин.

1.1 Коротка історична довідка розвитку сівби просапних культур

Довгий час недостатньо механізованим процесом в сільському господарстві була сівба. Примітивну сівалку з одним насіннєпроводом використовували ще шумери біля 1500р. до н.е., однак шумерська сівалка ніколи не була в Європі.

Дерев'яна рядкова сівалка, існувала в Китаї з III ст. до н.е., а залізна сівалка із двома насіннєпроводами, винайдена в II столітті до н. е., в епоху династії Хан (202 до н.е. - 220 р. н.е.) [2]. Рядова сівалка дозволила зменшити затрати часу і зробила можливим розподіл насіння рівними рядками, замість ручного розкидання їх на селянських полях.

Перша Європейська сівалка була запатентована 1566 року винахідником Камілло Торелло (Camillo Torello), який отримав патент в сенаті Венеції.

В 1701 році Джетро Талл (Jethro Tull) фактично заново винайшов сівалку - пристрій для одночасного нарізання борозенок і внесення в них насіння, яку він назвав «рядковою сівалкою» (рис. 1.1).

Винахід представляв собою раму на якій був закріплений бункер, що заповнювався насінням. Від бункера до поверхні ґрунту тягнулося декілька трубок. При волочінні сівалки насіння висипалося крізь трубки рівними рядками [3].

Винахід не одразу знайшов визнання у аграріїв. Проте головна теоретична праця Талла – «Кінно-мотижне землеробство», яка містила опис сівалки, викликала широку громадську цікавість і багаторазово перевидавалася.

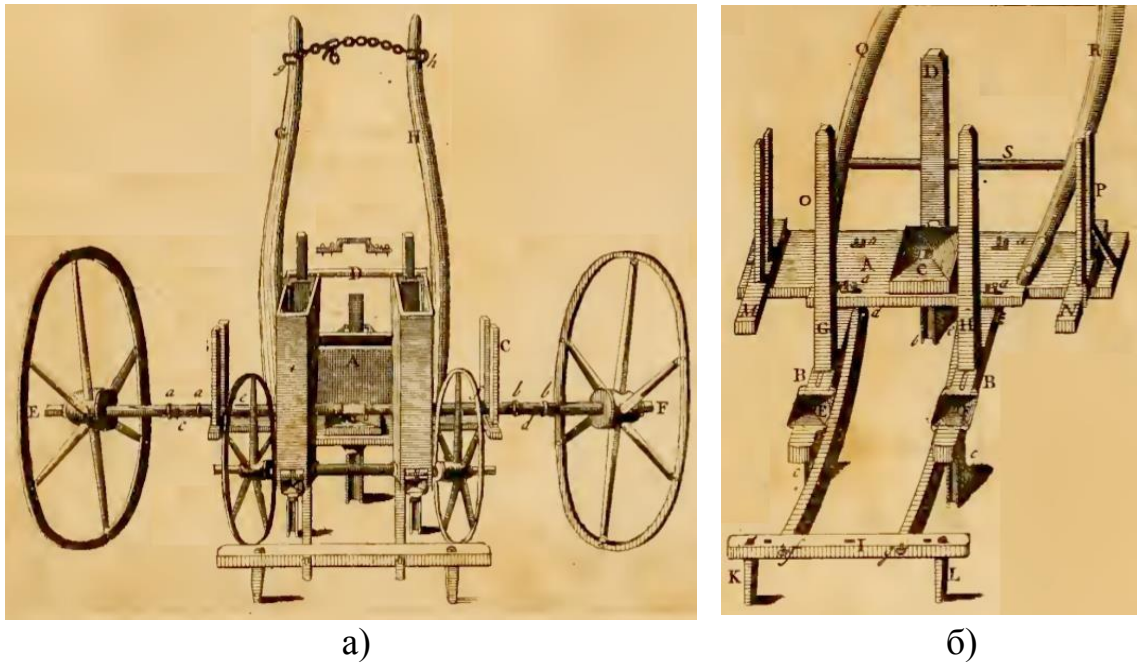


Рис. 1.1 Рядкова сівалка Джетро Талла: а – загальний вигляд; б – рама без бункерів для насіння

Приблизно до 50-х років XIX ст. достатньо велике розповсюдження одержали рядові і гніздові сівалки. В кінці XIX ст. в великих господарствах стали застосовуватися сівалки з паровим двигуном [4].

Не зважаючи на те, що з плином часу сівалки постійно вдосконалювались, а їх конструкції ставали все складніші, суть технології, покладеної в основу сівалки залишається та ж сама. Якщо порівняти перші сівалки, і сівалки які використовують сьогодні, то можна зазначити, що перші сівалки були не великих розмірів, вони були розраховані на тягу одного коня, а процес сівби займав багато часу. З винайденням тракторів на парових, а згодом і на двигунах внутрішнього згорання

стали більш ефективними і сівалки, збільшилась їх робоча швидкість і продуктивність, але разом з тим підвищились і вимоги щодо якості сівби такими сівалками.

1.2 Агротехнічні вимоги до сівби просапних культур

Машини для сівби просапних культур повинні виконувати розподіл і заробку насіння відповідно до вищезазначених вимог отримання рослинами оптимальної кількості світла, тепла, вологи і поживних речовин. Ці вимоги, головним чином, визначаються виходячи з картограм урожайності, вологості, забезпечення поживними речовинами, а також способу сівби.

Застосування того чи іншого способу сівби залежить від прийнятої технології при якій забезпечується максимальний урожай. При цьому метою є створення найбільш оптимальних умов для розвитку кожної рослини. Оптимальні умови, зокрема, залежать від площі живлення, яка в свою чергу залежить від розподілу насіння вздовж рядка, що являється однією із найважливіших вимог при сівбі просапних культур. Загальними вимогами до сівби також є точне дотримання заданої норми висіву насіння і добрив в конкретній елементарній ділянці поля, загортання насіння на однакову глибину, рівновіддаленість рядків, забезпечення заданої ширини міжрядь і т. д..

При гніздовому і квадратно гніздовому способах сівби не менше ніж у 80% гнізд повинна знаходитись задана кількість насіння – одно, два або три. Гнізда повинні бути розміщені у вершинах квадратів або прямокутників. Допустиме відхилення центрів гнізд від осьових ліній повздовжніх рядків не повинно перевищувати +/- 2 см, поперечних - +/- 8см. Допустиме відхилення стикових міжрядь не повинно перевищувати +/- 5см. [5].

При пунктирній сівбі кукурудзяними сівалками за агротехнічними вимогами сівалка повинна забезпечувати сівбу насіння просапних культур при ширині міжрядь 70 та 90 см, і кратних їм. Бурякові сівалки повинні забезпечувати сівбу насіння цукрового буряку, гречки, проса та деяких зернобобових культур з міжряддями 45 і 60 см. Допускається відхилення величини міжрядь від номінальної величини не більше +/- 1 см. Для стикових міжрядь допускається відхилення

+/- 5 см. від заданої величини [6, 7].

Повинен забезпечуватись заданий картограмою розподіл насіння вздовж рядка. Допустиме відхилення від розрахункового інтервалу не повинно перевищувати +/- 20%. При сівбі насіння цукрового буряку в заданому інтервалі з допустимим відхиленням повинно знаходитись 60% насіння. При роботі кукурудзяних сівалок в заданий інтервал +/- 1см повинно потрапити не менше ніж 90% насіння. Відхилення норми висіву насіння від заданої при сівбі просапних культур не повинно перевищувати 2...3%.

Для отримання дружних і повних сходів насіння загортають у ґрунт на таку глибину, при якій би воно було забезпечене оптимальною кількістю повітря, тепла та вологи. При неправильному загортанні насіння неминуче послаблення сходів та їх зрідженість. При сівбі буряковими сівалками насіння повинно укладатися на ущільнене дно борозенки із заданою глибиною та допустимим відхиленням +/- 1 см., кукурудзяні сівалки повинні забезпечувати розкладання 95% насіння на задану глибину з відхиленням не більше +/- 0,5 см. Висіяне насіння повинно бути вкладене у вологий шар ґрунту, а ґрунт за сошником прикатаний.

Висівні апарати сівалок для просапних культур не повинні пошкоджувати насіння. Пошкодження насіння механічними висівними апаратами допускається не більше 1%, а пневматичними – не більше 0,5%. Для отримання високих урожаїв в ґрунті повинні бути легкозасвоювані поживні речовини. Тому при сівбі насіння одночасно повинні висіватися мінеральні добрива. Мінеральні добрива повинні бути висіяні на 1...3 см. нижче, і збоку від розкладеного насіння не більше 5 см. Відхилення від заданої норми висіву добриване повинні перевищувати 7% по масі.

Поле після проходу сівалки повинно бути вирівняним. Висота гребнів після посіву не повинна бути більшою 2 см. Необхідно витримувати прямолінійність рядків. На 50 метрів довжини відхилення рядка від осі не повинно перевищувати 5 см. Сівалки для просапних культур крім виконання якісної сівби повинні відповідати ще ряду технічних вимог. Однією із найбільш важливих із цих вимог слід відмітити те, що сівалки повинні мати робочі швидкості до 2,8 м/с. тобто високоякісна сівба повинна проводитись на високих поступальних швидкостях машино-тракторних агрегатів для забезпечення сівби в короткі агротехнічні строки 5...6 днів, а окремо взяте поле повинно засіватися за 1...2 дні [8].

1.3 Аналіз сучасного технічного забезпечення сівби просапних культур

Однією із основних вимог до сівби просапних культур, як було зазначено вище, є забезпечення необхідної площі живлення кожній окремо взятій рослині. Дану умову можна виконати при заданому розміщенні насіння вздовж рядка, що крім того, сприяє більш якісному догляду за посівами в процесі дозрівання культури. Не менш важливою вимогою є забезпечення рівномірності залягання насіння в ґрунті по глибині, і якісному висіву добрив. Ці та інші агровимоги в основному і визначають конструкцію вітчизняних і зарубіжних посівних машин та їх робочих органів [9].

Для прикладу можна розглянути висівну секцію Pro-Series XP від John Deere (рис. 1.2), яка відображає сучасний напрямок розвитку засобів для сівби просапних культур. На сьогодні широкого розповсюдження набули дискові сошники, адже вони є менш вибагливі до якості підготовки площі, краще працюють на перезволожених та переущільнених ґрунтах. Такий сошник дає можливість наблизити міжосьову відстань центрів обертання опорних коліс до центрів обертання дисків, що позитивно впливає на глибину ходу останніх. Для забезпечення довантаження секцій «класичні» пружини ступінчастого регулювання притискного зусилля замінюють пневмо-, або гідроциліндрами. Для загортання борозни, як правило, застосовують катки, що додатково ущільнюють ґрунт навколо насіння і т. д. [10].



Рис. 1.2 Висівна секція Pro-Series XP від John Deere

Більшість сучасних сівалок обладнані засобами контролю і сигналізації роботи сівалки, проте, це не завжди дає можливість забезпечити якість сіви на високому рівні.

1.3.1 Конструктивні особливості сошників

Питаннями покращення якості загортання насіння при сівбі займалися багато вітчизняних і зарубіжних дослідників та виробників сільськогосподарської техніки. Наприклад, компанія GASPARDO намагається забезпечити рівномірність глибини ходу сошника в ґрунті шляхом встановлення обмежувальних реборд в місці укладання насіння (рис. 1.3), що повинно гарантувати рівномірний обробіток поля навіть на ділянках з нерівною поверхнею. Різний діаметр обмежувачів визначає глибину висіву. Обмежувачі встановлюють із чавуну, для збільшення тиску, та із листової сталі, для зменшення тиску на ґрунт [13].



Рис. 1.3 Сошник сівалки Gigante виробника GASPARDO

VADERSTAD на сівалці Tempo застосовує так звану систему копіювання «Крокуючий» тандем (рис. 1.4). При наїзді одним опорним колесом на камінь, інше пропорційно опускається для зменшення підняття секції в два рази. Опорне колесо і висівний диск оснащені регульованими очищаючими дисками [14].

Такі кроки до вдосконалення сошникових систем дещо покращують якість утворення борозенки, проте не задовольняють сучасні вимоги в повній мірі. Механізм із обмежувальними ребордами від GASPARDO вимагає значних витрат часу на зміну глибини заробки насіння за допомогою обмежувальних реборд. «Крокуючий» тандем від VADERSTAD при наїзді на перешкоду утворює насінневе ложе глибиною, що у два рази менша висоти перешкоди. Це призводить до нерівномірності сходів.

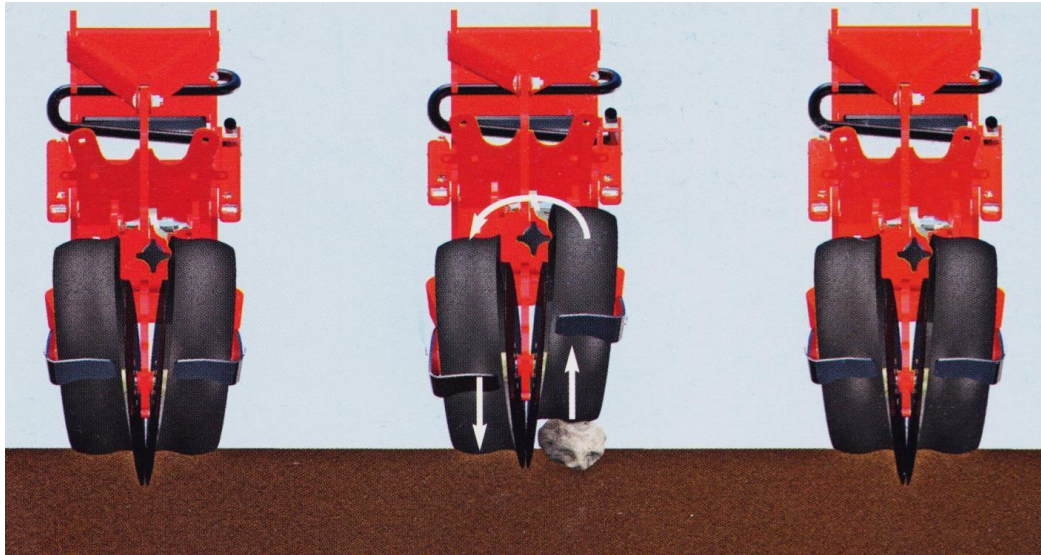


Рис. 1.4 Сошник сівалки Tempo виробника VADERSTAD

1.3.2 Обладнання для притискання та прикочування насіння

При падінні в борозну насіння зависає на різній висоті і недостатньо контактує з ґрунтом. Проростання відбувається хаотично. Паростки що відстали не можуть наздогнати «лідерів» і при цьому зменшується кількість урожаю.

Для притискання насіння до дна борозни відомий виробник Great Plains свої сівалки обладнує полозком Keeton Seed Firmer (рис. 1.5 а), на якому додатково можна закріпити трубку для внесення рідких добрив, або притискним колесом Seed-Lock (рис. 1.5 б) [15].

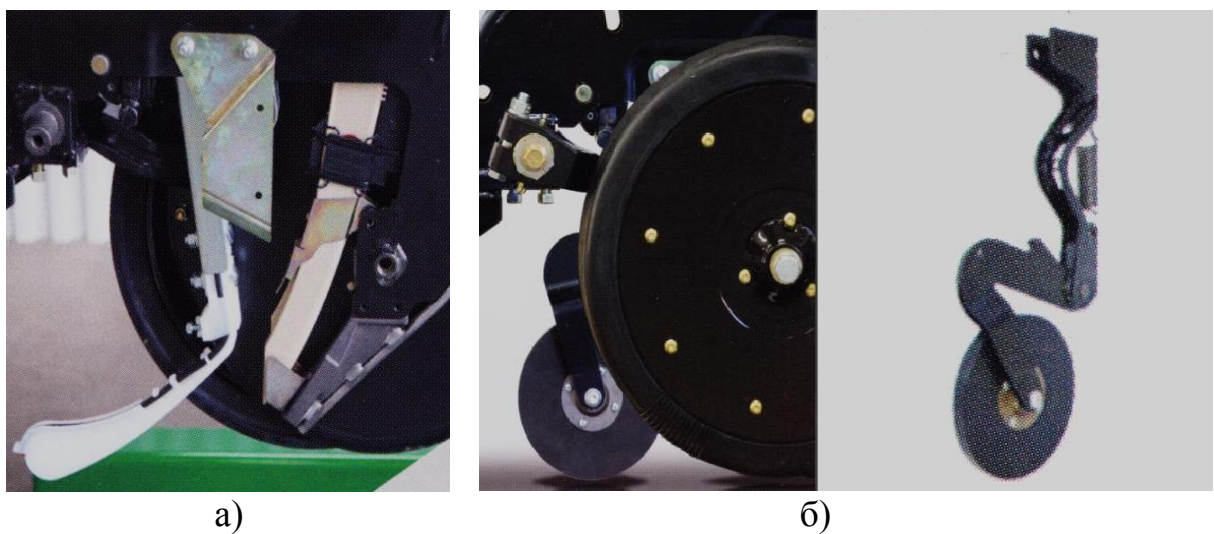


Рис. 1.5 Робочі органи для притискання насіння до дна борозни від виробника Great Plains: а –Keeton Seed Firmer; б – Seed-Lock

Подібні полозки Keeton Seed Firmer (рис. 1.6) використовує і компанія Precision Planting. Тонка полімерна направляюча простягається до дна борозни і притискає насіння, яке вилітає із насінневої трубки, до дна V-подібної борозни. Таким чином Keeton Seed Firmer покращує контакт насінини з ґрунтом (рис. 1.7) [16].

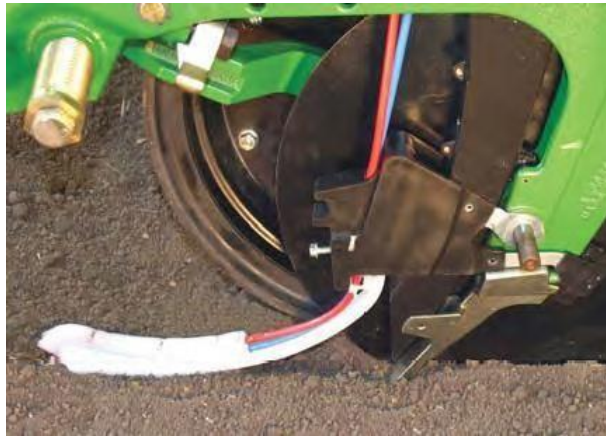


Рис. 1.6 Полозок Keeton Seed Firmer від «Precision Planting»



а)

б)

Рис. 1.7 Зображення насінини в борозні: а – до; б – після проходження полозка Keeton Seed Firmer від «Precision Planting»

Amazone на просапних сівалках EDX 9000-TC та EDX 6000-TC застосовує систему укладання насіння Xpress. Після дводискового сошника 1 (рис. 1.8) рухається полоз сошника 2, який утворює прямокутний профіль борозни. Насіння потрапляє в сформовану зону укладання і притискається катком 3, що розташований за полозом сошника, до дна борозни. Далі рухаються колеса, які закривають борозну і ущільнюють ґрунт [17].



а)



б)

Рис. 1.8 Сошник просапних сівалок Amazone EDX 9000-TC та EDX 6000-TC:
а – вид ззаду; б – вид знизу

Для притискання насіння до дна борозни «HORSCH» на сівалках Maestro CC використовує каток «Trap roller» показано стрілкою (рис. 1.9) [18].



Рис. 1.9 Секція сівалки Maestro CC від «HORSCH»

З метою притиснути насіння до дна борозни подібними катками, тільки металевими, свої сівалки обладнує «PROSEM» і «MONOSEM».

«Kverneland» на сівалці Monorill SE застосовує притискний каток для роботи в парі із полозовидним сошником (рис. 1.10) [19].

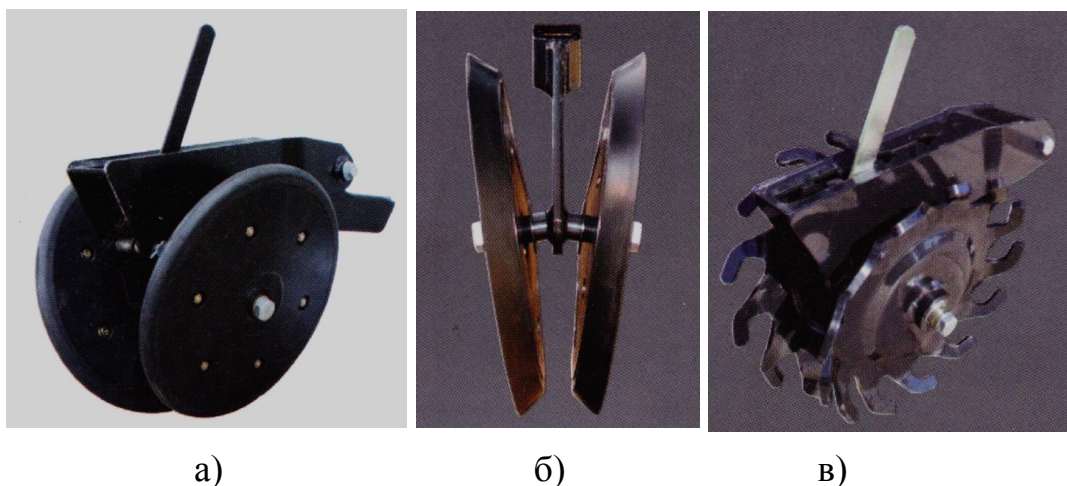


Рис. 1.10 Секція сівалки Monopill SE від «Kverneland»

Недоліком таких конструктивних рішень є те, що вони створені для притискання насіння до дна борозни. Дно борозни, у більшості випадків, відрізняється від еквідистантної лінії щодо поверхні поля. Застосування металевих катків, крім того, тягне за собою травмування насіння під час сівби.

Важливим і відповідальним завданням під час сівби є загортання і ущільнення насінневого ложе. Для цього існує великий різновид робочих органів.

Great Plains застосовує V- подібні обгумовані катки (рис. 1.11, а), які працюють майже у всіх ґрунтових умовах. Клиновидні колеса зі скошеними краями (рис. 1.11, б), що легко закривають борозну на твердих ґрунтах завдяки гострим граням, або пальчасті колеса (рис. 1.11, в) – ефективні на будь-яких ґрунтах [20].



а)

б)

в)

Рис. 1.11 Прикочувальні катки сівалок Great Plains: а – V-подібні обгумовані; б – клиновидні; в – пальчасті

ВАТ «ГОДАК» пропонує пальцеві V- подібні (рис. 1.12, а) прикочувальні катки. Гумові пальці катка акцентовано притискають насіння до твердого насінневого ложе. Таким чином, за словами виробника, ґрунт навколо насінини ущільнюється, і завдяки своїй властивості гігроскопічності підтягує вологу із нижчих шарів. При застосуванні пальцевих катків практично відпадає необхідність в додатковій технологічній операції – прикочуванні. Завдяки розміщенню пальцевих катків під кутом один до одного, вони перетинаються тільки в нижній частині, в результаті чого здатні самоочищатися при роботі в перезволожених умовах, тоді як звичайні колісні катки просто залипають і не можуть застосовуватись [21].

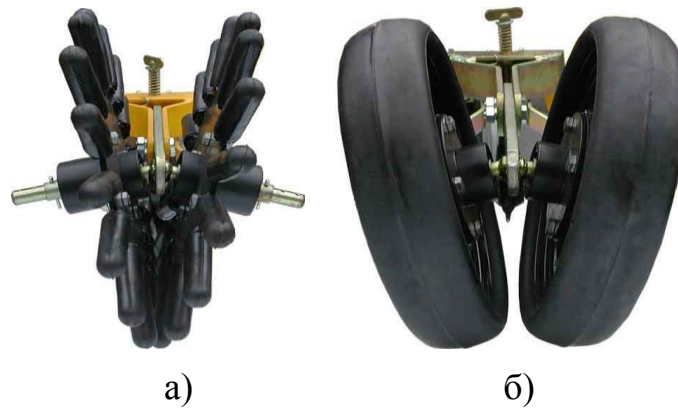


Рис. 1.12 Катки виробника ВАТ «ГОДАК»: а – пальцеві; б – атмосферні

Атмосферні V-подібні (рис. 1.12, б) прикочувальні катки можуть бути альтернативою пальцевим каткам при сівбі соняшника та кукурудзи, і необхідністю в умовах підвищеної кам'янистості ґрунтів [22].

«МОНОСЕМ» сівалку NC Classic комплектує металевими V- подібними катками (рис. 1.13, а), або гумовими «Farmflex» різної ширини (рис. 1.13, б) [23].

Недоліком всіх вищенаведених катків є те, що в процесі руху не забезпечується регулювання притискного зусилля як реакції на зміну твердості ґрунту по довжині рядка. В результаті цього відбувається нерівномірне ущільнення ґрунту навколо насіння в межах одного поля і нерівномірність глибини загортання, що можна прослідкувати за етильованою частиною рослин (рис. 1.14) [24].

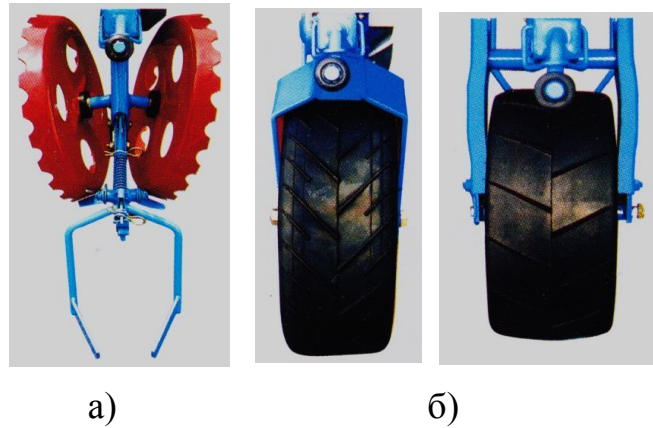


Рис. 1.13 Катки сівалки NC Classic від «МОНОСЕМ»: а – металеві; б – гумові



Рис. 1.14 Результат нерівномірної глибини загортання насіння

Недостатнє притискне зусилля призводить до того, що розвиток кореневої системи рослини відстає в часі. Ущільнення, яке виникає тоді, коли є надмірне притискне зусилля, що створюють механізми сівалки під час сівби, також спричиняє ряд негативних факторів:

- зменшення кількості рослин, що зійшли;
- збільшення стресу рослин та зниження розвитку листкової частини і рослини в цілому;
- неправильне проростання призводить до несвоєчасного запилення рослин в посушливі роки зі спекотним літом.

1.3.3 Засоби контролю та регулювання тиску посівної секції на ґрунт

Для забезпечення необхідного заглиблення сошників в ґрунт використовують різного роду довантаження секцій. У найпростішому варіанті встановлюють пружини, що притискають секцію до поверхні ґрунту. Для забезпечення плавної зміни притискного зусилля пружини замінюють пневмо-, або гідроциліндрами.

Система Row-Pro (рис. 1.15) запропонована «Great Plains» окрім пружин містить пневматичний циліндр, що з'єднаний із паралельними важелями підвіски секції і керується через розподільник контролером. Датчик встановлений на опорному колесі сошника, визначає величину навантаження, після чого, відповідно, регулює тиск в циліндрі, для того, щоб вирівняти навантаження на сошник кожної окремої секції [25].

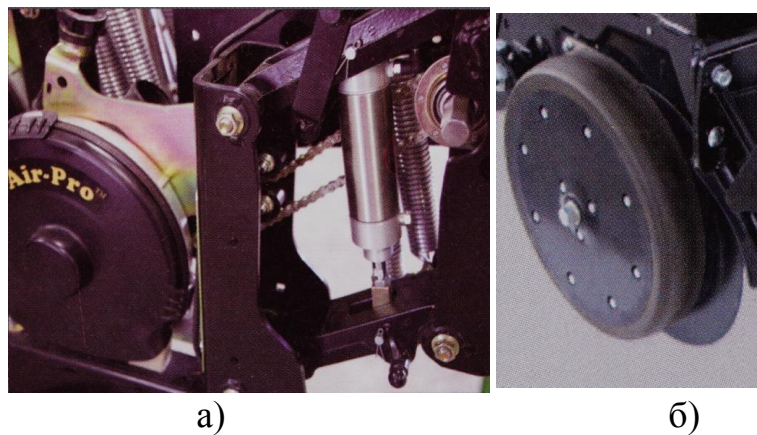


Рис. 1.15 Система Row-Pro: а – загальний вигляд паралелограма із встановленим пневмоциліндром; б – опорне колесо сошника

На відміну від «Great Plains», «Kinze» на деяких сівалках повністю відмовляється від пружин на користь пневмоциліндрів (рис. 1.16) [26].

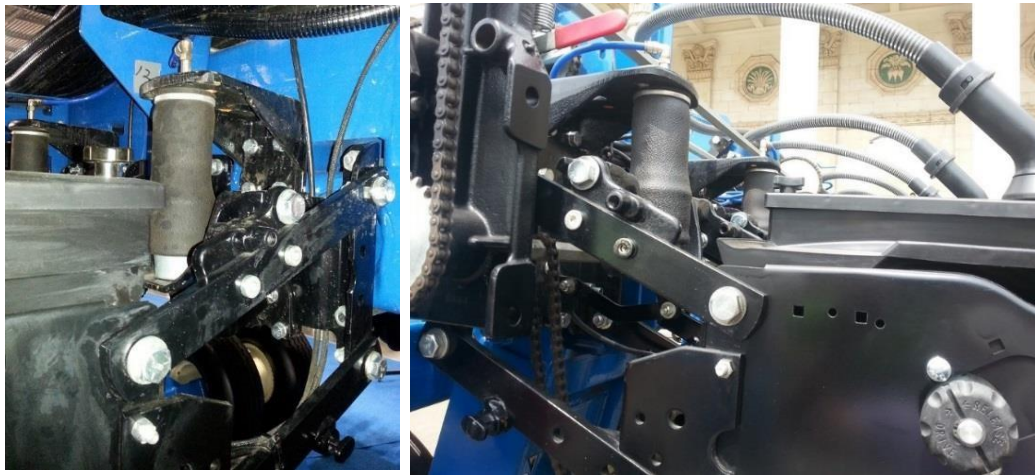


Рис. 1.16 Пневмоциліндри довантаження секцій сівалки Kinze

На основі регулювання притискного зусилля за допомогою пневмоциліндрів двосторонньої дії працює система Air Force компанії Precision Planting. Комплекти таких пневмоциліндрів можуть бути встановлені на сівалки John Deere (рис. 1.17), Kinze, Wite або CaseIH. Контролер через датчик постійно вимірює вагу секції на опорних колесах, яка залежить від рівномірності глибини ходу дисків сошника, і регулює тиск в пневмоциліндрі для забезпечення усталеного показника ваги секції [27].

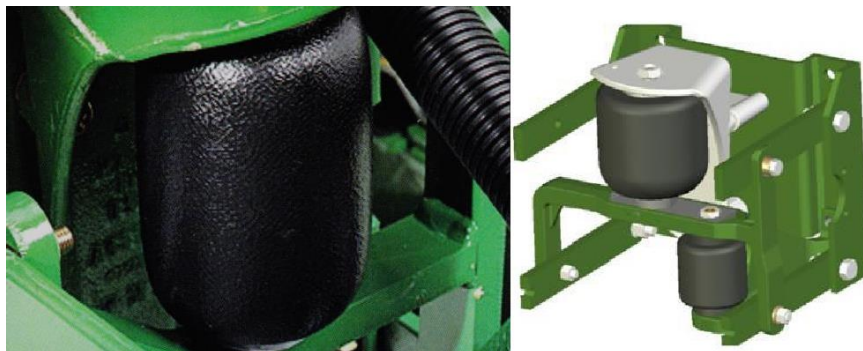


Рис. 1.17 Пневмоциліндри на паралелограмі секції сівалки John Deere

Для більш точного забезпечення заданої глибини ходу сошників компанія Precision Planting розробила систему Delta Force (рис. 1.18), яка працює за допомогою гідравліки трактора. Принцип роботи Delta Force полягає в тому, що тензо-датчики (рис. 1.18 а) встановлені на кожній секції сівалки таким чином, що вимірюють вагу секції на опорних колесах, яка буде зменшуватися при виглибленні

сошника із ґрунту. Контролер порівнює значення ваги із заданим і керує гідроциліндрами через встановлені на них електророзподільники (рис. 1.18 б) які монтується на кожен секцію замість пружин або пневмоциліндрів [28].

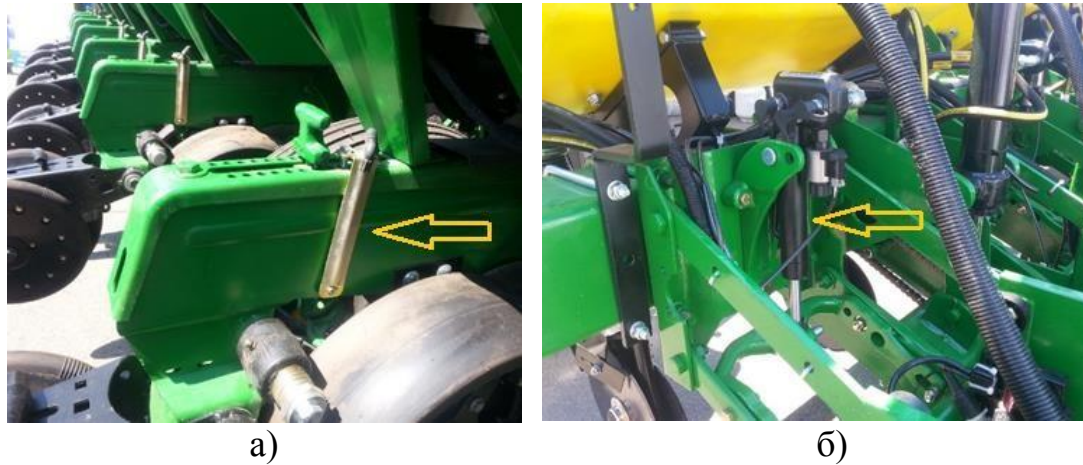


Рис. 1.18 Система Delta Force: а – тензо-датчик; б – гідроциліндр

Недоліком цих систем є те, що в процесі їх роботи відбувається контроль і регулювання рівномірності глибини ходу сошника а не кінцева глибина заробки насіння.

1.4 Огляд досліджень із механізації сівби просапних культур

Розподіл насіння вздовж рядка, відповідно до створеного висівним апаратом потоку, і по глибині залягання його в ґрунті, найбільшою мірою залежить від роботи сошникової системи і є одним із найважливіших завдань при сівбі. Над реалізацією цього завдання працює багато дослідників. Актуальність даного завдання підвищується в зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва та необхідності постійного підвищення робочих швидкостей посівних агрегатів.

При цьому встановлено, що просапні культури дуже чутливі до заданої рівномірності розподілу насіння в рядку. На це необхідно зважати при необхідності отримання максимально високих урожаїв.

Дослідженнями П.М. Василенко і Н.Г. Бондаренко встановлено, що підвищення точності висіву просапних культур дасть можливість виключити ручну працю при догляді за посівами. При цьому зазначено, що покращення роботи сівалок точного висіву можливе за рахунок покращення заповнення комірок

насіннєвідбірних елементів висівних апаратів, підвищення плавності передачі руху на висівний апарат, зменшення висоти падіння насінини, формування профілю борізки, яка б могла забезпечити фіксацію насінини в точці падіння.

В.А. Белодєдов визначив ступінь впливу кожного із перерахованих інтервалів часу на загальну дисперсію інтервалів між насінням в рядку [35]. Найбільший відносний вплив на розподіл насіння мають фактори переміщення насіння по дну борізки – 58,6%, і руху насіння в насіннєпроводі – 29,8%, а найменший – політ насіння від нижнього зрізу насіннєпроводу до дна борізки – 1%. Вплив дисперсії часу подачі насіння до точки скидання на процес формування інтервалів між насінинами в рядку складає 10,6%.

Важливим елементом процесу висіву є сходження насінини з висівного диска.

Теоретичні і експериментальні дослідження процесу руху насіння в насіннєпроводі дозволяють зробити висновок про те, що наявність насіннєпроводу негативно впливає на якість розподілу насіння в рядку при сівбі просапних культур. Це визначило тенденцію відмови від насіннєпроводів в конструкціях сівалок для сівби просапних культур. Досягають цього низьким розміщенням висівного апарата відносно поверхні поля. Найбільша (6-10 см.) висота падіння насінини від точки сходу з висівного диска до дна борозенки знижує негативний вплив фактору вільного падіння.

Вивчення руху насіння від точки скидання до дна борозни проводилось як із врахуванням опору повітряного середовища, так і без нього. Початкові умови польоту насінини визначалися з врахуванням швидкості обертання висівного диска, поступальної швидкості руху сівалки, висоти падіння насінини.

Фіксації насіння в момент розподілу сприяє також клиноподібний профіль борозенки, створення на дні борізки шару мульчі, вдавлювання насіння борозенним катком, а також подачу насіння в точку змикання стінок борозенки при її закритті. Останній прийом можна реалізувати шляхом певного розміщення насіннезагортаючих робочих органів, яке б відповідало швидкості руху сівалки, горизонтальній складовій швидкості викидання насіння в борізку і висоті його падіння. Оптимальне розміщення насіннезагортаючих робочих органів сприяє рівномірному розподілу насіння не тільки вздовж рядка, але і по глибині залягання в ґрунті.

Вищевикладений огляд досліджень по вивченню факторів, які впливають на формування насінневого рядка при сівбі насіння просапних культур показує необхідність глибокого аналізу і синтезу кожного із елементів процесу висіву і підкреслює його складність. Залежність процесу висіву від конкретних умов проведення експерименту пояснює деякі розбіжності в результатах експериментів і теоретичних викладок деяких дослідників про ступінь впливу того чи іншого фактору на якість висіву.

Для отримання необхідного насінневого рядка потрібно забезпечити гарантований одиничний або, за необхідності, груповий відбір насіння із загальної маси і його транспортування до точки скидання, провести рівномірне скидання при умові сталої швидкості кожної насінини по величині і напрямку, а найбільш важливо, зафіксувати зерна в момент їх першого удару об дно борозенки, здійснити закриття борозенки без переміщення насіння, забезпечити сталу глибину загортання і оптимальну щільність ґрунту в зоні залягання насіння.

Таким чином висів насіння просапних культур є складним фізико-механічним процесом взаємодії біологічної субстанції – насіння що висівається, посівної машини і навколишнього середовища. Головна мета забезпечити найбільш сприятливі умови як для росту та розвитку насіння, так і для проведення наступних механізованих операцій від догляду за посівами до збирання.

1.5 Огляд досліджень динаміки руху посівних машин і їх робочих органів

Як відомо, для вирішення такого роду задач доцільно будувати розрахункові математичні моделі функціонування сільськогосподарських машин і їх робочих органів. Складність таких моделей залежить як від складності досліджуваного об'єкта, так і від того, наскільки точно враховані в моделі фактори, що впливають на характер руху машини. При оптимальному підборі таких факторів, тобто виключення несуттєвих із них, можна отримати модель, яка є нескладною за своєю структурою, і в той же час достатньою для практичних цілей, та з точністю відображає характер поведінки реального об'єкта.

Як відомо, функціонування сільськогосподарських машин, і посівних зокрема, відбувається за умови впливу зовнішніх змінних навантажень, що

зумовлені непостійною реакцією ґрунту на робочі органи і опорні елементи машини, нерівностями поверхні поля, зміною поступальних швидкостей машин і т. д.. При чому у більшості випадків ці фактори мають випадковий характер. Тому часто виникає потреба у вивченні сільськогосподарських машин і агрегатів як стохастичних динамічних систем. При цьому в якості розрахункової моделі приймається схема, що містить один або декілька входів і виходів.

Відомо, що вхідні і вихідні сигнали зв'язані між собою певним видом оператора, який характеризує динамічні властивості системи. Частіше всього в якості такого оператора виступає диференціальне рівняння у випадку одномірної системи, або система диференціальних рівнянь у випадку багатомірної системи.

При вивченні процесу руху посівних машин по поверхні поля, зазвичай, ставиться задача визначити характер зміни кінематичних елементів цих машин в поздовжньо-вертикальній площині, тобто тих показників, від яких залежить якість розподілу насіння по глибині.

Перша із вказаних задач має на меті визначити прискорення сидіння тракториста і визначити оптимальні їх значення для нормальної роботи останнього при русі МТА по поверхні ґрунту. Зі сторони питань, що ми розглядаємо, велику цікавість має задача копіювання. При вирішенні даної задачі досліджуються робочі органи посівного агрегата з ціллю забезпечення найкращого копіювання нерівностей поверхні поля. При цьому рух агрегата розглядається в поздовжньо-вертикальній площині.

Для вирішення поставленої задачі агрегат розбитий на три ланки: трактор, рама сівалки, сошник. Кожна ланка має два ступеня вільності, оскільки положення рами сівалки в будь-який момент часу буде визначатися положенням центра мас остова трактора і центрами опорних коліс, а положення посівної секції, в свою чергу, буде визначатися положенням рами сівалки і нерівностями поверхні поля. Такий структурний підхід щодо дослідження динамічних об'єктів дозволяє вивчати систему на основі вивчення підсистем і навпаки. Рух посівного агрегата описують диференціальними рівняннями, після чого можливо знайти передаточну функцію, і визначити помилку копіювання.

Рух посівного агрегата в горизонтальній площині також може змінюватися під дією зовнішніх збурень, які обумовлені нерівномірністю сил опору руху робочих органів у ґрунті по ширині захвату сівалки, відмінністю моментів опору коченню опорних коліс сівалки і іншими факторами. Це виключає прямолінійний рух сівалки, призводить до «рискання».

Проте, як відомо, при швидкостях руху більше 9 км/год, порушується не тільки прямолінійність рядків, але і в значній мірі знижується якість розподілу насіння по довжині рядка. Тут, очевидно, має місце тісний зв'язок між ростом інтенсивності зовнішніх збурень і якістю роботи сівалки в цілому і її робочих органів зокрема.

В результаті проведених досліджень впливає, що дисперсії вертикального і поздовжнього розподілу насіння зменшуються зі зменшенням маси системи і збільшенням числа обертів дисків за рахунок застосування капронових втулок. При цьому в апіорі робиться висновок про зв'язок коливань сошника з рівномірністю розподілу насіння.

Загальноприйняті методи статистичного дослідження динамічних об'єктів мають той недолік, що не дозволяють в повній мірі встановлювати взаємозв'язок між конкретними параметрами системи і її динамічними характеристиками.

Наявність амплітудно-частотних характеристик і спектральних щільностей вхідних параметрів дозволила провести аналіз коефіцієнтів жорсткості і демпфування системи по вибраному критерію оптимізації – дисперсія глибини ходу сошника. Аналіз показав, що знизити середньоквадратичне відхилення глибин ходу сошника можливо за рахунок зменшення жорсткості пружин натискної штанги до 1-2 н/мм і зменшення сили сухого тертя в підвісці сошника. Маса сошника в межах варіювання від 5 до 20кг мало відобразилась на середньоквадратичному відхиленні глибини ходу. Отримані висновки про направлення і величину зміни параметрів системи з ціллю її оптимізації мали би, очевидно, велику цінність, якщо би в розрахунковій схемі був врахований опорно-прикочувальний каток висівної секції, але в цій роботі прийнята безопорна схема руху секції.

Подальший аналіз показав, що безопорна підвіска не може забезпечити високу рівномірністю глибини ходу сошника. Добитися цього можна застосуванням опорних схем приєднання сошників, кращою з яких є балансірна.

Із наведеного огляду основних робіт присвячених динаміці руху посівних машин і їх робочих органів можна зробити висновок про актуальність даної теми і одночасно про багатогранність підходів дослідників до вирішення питань якісної сівби.

Деякі дослідники при оптимізації параметрів сошникової системи ставлять за мету зниження коливальних властивостей системи, абстрагуючись при цьому від процесу копіювання. Більшість же дослідників визначають стійкість ходу сошника (посівної секції) як точність виконання процесу копіювання і тим самим як точність загортання насіння на задану глибину. Виходячи з цього й проводиться аналіз і синтез сошникових систем посівних машин. Незважаючи на те, що окремі висновки наведені в деяких працях суперечать один одному (наприклад висновок про вплив довжини повідка або маси сошника на стійкість його руху) чітко видно і загальні закономірності оптимізації параметрів робочих органів сівалок. Проте, слід відмітити, що проведені до цього часу дослідження динамічних характеристик посівних машин і їх робочих органів направлені в основному на здобуття технічних можливостей покращення процесу формування зернового рядка по глибині. Але для забезпечення необхідного розташування насіння в рядку недостатньо і не досить легко утворити насінневе ложе певної глибини, зафіксувати в ньому насіння і загорнути його не порушуючи початкових умов розташування із заданим інтервалом. Справа в тому, що в реальних умовах функціонування, посівна машина і її робочі органи здійснюють коливання які зумовлені не тільки копіюванням нерівності поверхні поля опорними колесами і робочими органами сівалки, але й зміною зовнішніх збурень прикладених до опорних елементів і робочих органів а також зміною поступальних сил посівного агрегата вцілому. При цьому допоміжні умови накладає постійна зміна твердості ґрунту по довжині рядка. Це підтверджується багаторазовими фактами різкого зниження якості роботи висівних систем в польових умовах в порівнянні з лабораторними, що вказує на необхідність отримання допоміжної інформації до вже отриманої про сутність процесу формування зернового рядка з метою отримання технічних

можливостей його вдосконалення. Особливо важливе значення вирішення даної задачі має для просапних культур, що вимагають підвищеної точності розміщення насіння по довжині рядка.

1.6 Прогноз розвитку процесу реалізації високоякісної сівби просапних культур

Приведений вище огляд сучасних конструкцій посівних машин, як вітчизняних виробників, так і закордонних компаній показав, що сівалки надають комфортні умови роботи механізатора, задовольняють сучасним вимогам збереження родючості ґрунту та екологічного стану навколишнього середовища, дозволяють контролювати стабільність роботи висівних апаратів, засіяну площу, швидкість руху агрегату і визначати норму висіву насіння та видавати додаткову інформацію про стан виконання сівби.

Сучасні технології сівби просапних культур передбачають ретельну підготовку ґрунту до сівби, висів насіння з високими кондиційними характеристиками, внесення підвищених доз добрив, застосування високоефективних гербіцидів, забезпечення вимог місцевизначеної сівби тощо. Висівають елітні насінини з великою кількістю стартових питомих речовин, що дозволяє їм проростати з більших (а значить і більш зволжених) глибин. Проте, як показують звіти техніко-технологічних випробувань сучасних посівних машин якість заробки насіння в ґрунт залишається низькою.

При сівбі просапних культур необхідно забезпечити таку заробку насіння в ґрунт, при якій будуть дотримані оптимальні значення тепла, вологи, поживних речовин, аерації, достатньої площі для росту і розвитку рослини. Неякісна заробка насіння призводить до зріджених та слабких сходів. Тобто необхідно укласти (рис. 1.19) насіння 1 у вологий 4 прошарок ґрунту. Довкола насінини необхідно сформувати ядро 2 ущільненого до $1,3 \text{ г/см}^3$ і зволоженого ґрунту, а зверху утворити дрібногрудкувату структуру 3. Причому 90% насінин повинно залягати на заданій (з допустимим відхиленням) глибині a незалежно від стану нерівностей поверхні поля. Ці вимоги обов'язкові до виконання як при звичайних технологіях сівби так і при проведенні місцевизначеної сівби – сівбі за технологіями точного землеробства.

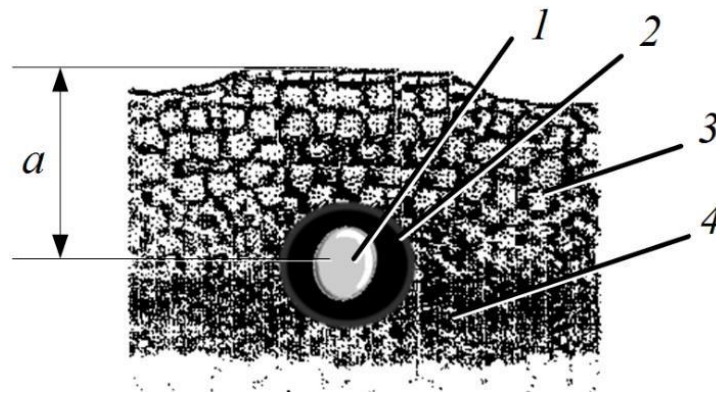


Рис. 1.19 Зображення насінини загорнутої в ґрунт: 1 – насінини; 2 – ядро ущільненого і зволоженого ґрунту; 3 – дрібнозерниста структура; 4 – вологий шар ґрунту; a – глибина заробки насіння

Для досягнення означених вимог якісної заробки насіння винайдено багато конструкцій і технологічних удосконалень. Проте, як показує практика використання сучасних посівних машин, при всьому різноманітті існуючих сучасних конструкцій і технологічних рішень реалізації механізованих процесів сівби просапних культур, нажаль не вдається виконати найважливіші вимоги з якісної заробки насіння в ґрунт. І обумовлене це у першу чергу тим, що при сівбі просапних культур заробка насіння відбувається з використанням однофазного способу сівби, а саме: відкриття сошником борозенки на кінцеву задану глибину, доставка та фіксація (бажано без відскоків) насінини до ущільненого дна і закриття насіння ґрунтом загортачами з наступним прикочуванням. Такий однофазний спосіб заробки насіння по суті своїй не може забезпечити вимоги якісної заробки у відповідності до рис. 1.19.

За результатами аналізу сучасних конструкцій сошникових систем посівних машин для сівби просапних культур та з урахуванням особливості виконання ними технологічного процесу висунуто гіпотезу, у відповідності до якої для покращення якості сівби насіння просапних культур в технологіях точного землеробства необхідно застосувати двофазний спосіб заробки насіння.

При сівбі за таким способом процес заробки насіння відбувається за дві фази, кожна з яких містить дві стадії (рис. 1.20).

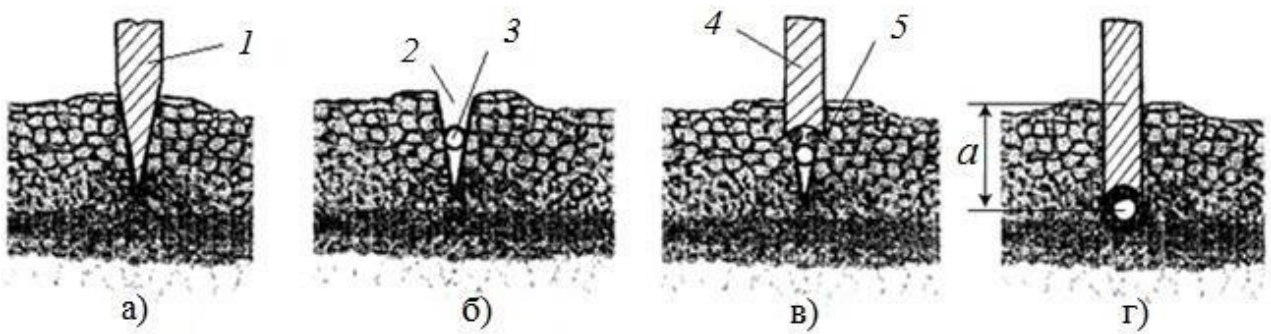


Рис. 1.20 Основні стадії заробки насіння двофазним способом: а, б – перша фаза; в, г – друга фаза заробки насіння; 1 – диск щілиноутворювач; 2 – щілина; 3 – насінина; 4 – вдавлюючий диск; 5 – робочі кромки вдавлюючого диска; a – глибина заробки насіння

Послідовність чотирьох стадій реалізації способу виглядає наступним чином:

- 1-ша стадія: конусний щілиноутворювач 1 входить в ґрунт і утворює щілину 2 зі сприятливими геометричними параметрами для самозаклинювання насіння між боковими стінками щілини без перекочування вздовж рядка;
- 2-га стадія: в щілину 2 подається насіння 3, яке в залежності від розмірів заклинюється в щілині на різній (але меншій, ніж задана) глибині і орієнтується вздовж осі щілини;
- 3-я стадія: вдавлюючий диск 4, з певними геометричними параметрами, рухається вздовж щілини, і своїми робочими кромками 5 зрізує бокові вологі стінки ґрунту; ґрунт при зрізанні, за рахунок форми жолоба диска 4 переміщується вниз і накриває насіння, що знаходиться в щілині, одночасно стискається навколо нього.
- 4-а стадія: вдавлюючий диск 4 переміщує насіння із ущільненим шаром ґрунту на задану глибину сівби a ; загортання щілини виконується традиційним способом.

Такий двофазний спосіб сівби просапних культур дозволить забезпечити заробку насіння 1 (рис. 2) у вологий шар ґрунту 4. Навколо насінини формується ядро 2 ущільненого до $1,3 \text{ г/см}^3$ і зволоженого ґрунту, а зверху можливо утворити дрібнозернисту структуру 3. Насіння залягає на заданій глибині a незалежно від стану нерівностей і твердості ґрунту. Не порушується і рівномірність розподілу насіння вздовж рядка, яку забезпечує висівний апарат та до мінімуму зводиться відхилення насіння від осової лінії рядка.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

Для досягнення поставленої мети було висунуто наукову гіпотезу та вирішувались такі завдання:

- провести аналіз існуючих способів і засобів реалізації сівби просапних культур сошниковими сівалками та обґрунтувати концепцію вдосконалення процесу і засобу його реалізації;

- провести теоретичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтовим середовищем, як єдиної динамічної системи і розробити математичну модель руху запропонованої сошникової системи по нерівностях поверхні поля;

- провести експериментальні лабораторні та лабораторно-польові дослідження функціонування запропонованої сошникової системи;

- оцінити економічну ефективність впровадження результатів досліджень у виробництво.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОФАЗНОЇ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ

Приведений вище огляд досліджень із вивчення процесу функціонування сошникових систем, які є складними динамічними об'єктами, показує необхідність застосування системного підходу. Дослідження процесу функціонування цілісної двофазної сошникової системи повинні проводитися із врахуванням тих умов і обмежень, які властиві реальним умовам функціонування сівалки.

Тому необхідно провести ряд аналітичних досліджень і вирішити наступні задачі:

- побудувати розрахункову схему функціонування сошникової системи сівалки при русі по нерівностях поверхні поля і з використанням системи автоматизованого керування;

- скласти математичну модель руху сошникової системи для сівби просапних культур по нерівностях поверхні поля;

- провести імітаційне моделювання математичної моделі руху сошникової системи з визначенням оптимальних параметрів і режимів функціонування в умовах широкого діапазону зміни твердості ґрунту.

2.1 Концепція реалізації високоякісної сівби просапних культур

Для реалізації двофазного способу заробки насіння запропонована двофазна сошникова система (рис. 2.1), що складається із підвіски 1 обладнаної гвинтовим механізмом із пружиною 2 та копіювальним колесом 10, гряділя 3 на якому послідовно розміщені щілиноутворювач 9 із чистиком 8, напрямник насіння 7 із насіннепроводом 4 та вдавлюючий диск 6 із чистиком 5.

Робочі органи закріплені на гряділі із паралелограмним підвісом, що дає змогу здійснювати плоскопаралельне переміщення у вертикальній площині. Гвинтовий механізм і пружина підвіски забезпечують необхідну стійкість ходу робочих органів сошникової системи.

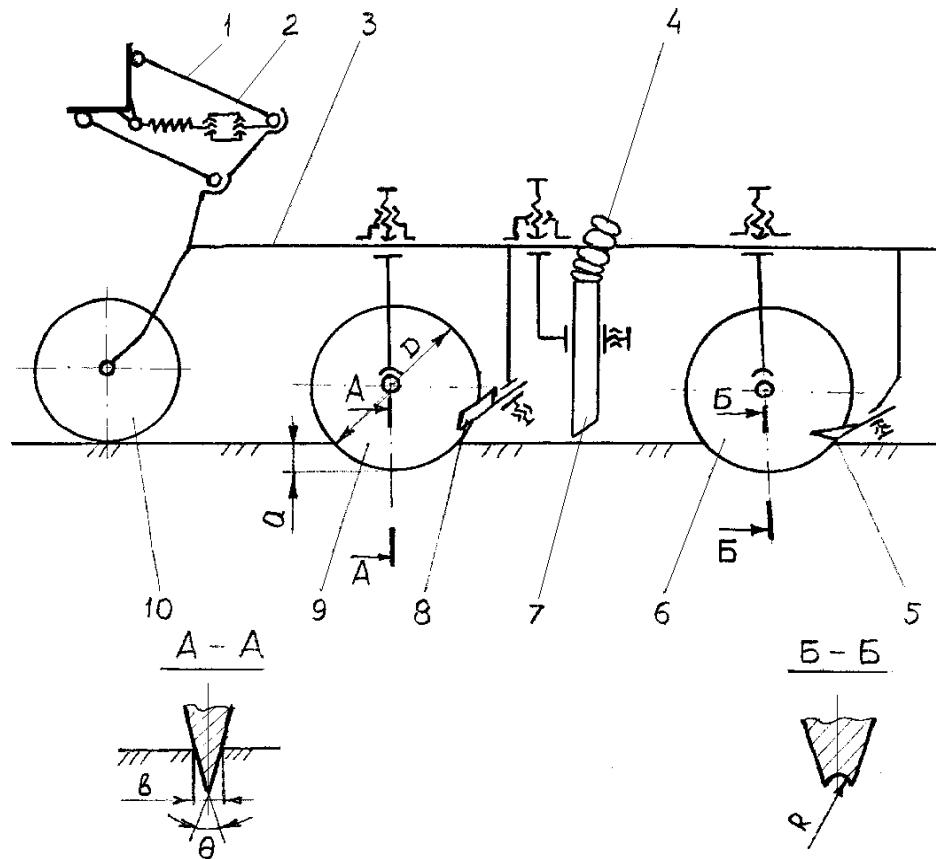


Рис. 2.1 Схема двофазної сошникової системи: 1 – підвіска; 2 – гвинтовий механізм з пружиною; 3 – гряділь; 4 – насіннепровід; 5,8 – чистик; 6 – вдавлюючий диск; 7 – напрямник насіння; 9 – щілиноутворювач; 10 – копіювальне колесо

При переміщенні сошникової системи по полю щілиноутворювач формує у ґрунті щілину конусного профілю, в яку по напрямнику потрапляє насіння і заклинюється. Кожна насіннина фіксується без розкочування вздовж рядка і орієнтується по його осі. Вдавлюючий диск своїми робочими кромками зрізує ґрунт із бічних стінок щілини, присипає ним насіння і жолобом переміщує насінину з шаром ґрунту на задану глибину з одночасним ущільненням ложе.

Для забезпечення функціонування двофазної сошникової системи, її робочі органи необхідно пов'язати між собою певними геометричними параметрами.

Щілиноутворювач виготовлений у формі клиноподібного дискового ножа, який повинен забезпечити таку форму щілини на поверхні поля, щоб насіння вільно попадало в неї і заклинювалось ближче нижньої частини. Для забезпечення цього необхідно виконати умову:

$$b = 2a \times td \frac{\theta}{2}, \quad (2.1)$$

де b – ширина щілини у верхній частині (на поверхні ґрунту);
 a – глибина щілини (обов'язково менша глибини заробки насіння);
 θ – кут, що визначає конусність диска.

Для надійної фіксації насіння у щілині повинна бути виконана умова:

$$\frac{\theta}{2} \triangleright \varphi_1, \quad (2.2)$$

де φ_1 – кут тертя насіння по поверхні ґрунту.

Конусна частина диска повинна забезпечувати ширину щілини у верхній частині дещо більше максимальної довжини насінини. Висота конусної частини диска повинна відповідати максимальній глибині заробки насіння.

Вдавлюючий диск виготовлений з такого матеріалу і має таку конусність, що забезпечує мінімальні сили тертя ковзання його боковин об ґрунт. Обід диска виконаний у формі циліндричного жолобу (рис. 2.2), ширина якого – b_1 , забезпечує зрізання ґрунту зі стінок щілини та вдавлювання насіння на задану глибину. Кут, що визначає конусність диска $\gamma = 3-5^\circ$. Радіус жолоба R , такий, що кут між дотичною, проведеною до жолоба в точці A перетину його зі стінкою диска і вертикаллю менший кута тертя φ , ґрунту по матеріалу диска, тобто $\alpha < \varphi$. За такої умови можливе заповнення жолоба ґрунтом завдяки чому виключається безпосередній контакт насінини з ободом вдавлюючого диска, тобто виключається травмування насіння.

Радіус і центр кривизни жолоба визначається графічно. Для цього з кінців відрізка AB проводяться дві вертикальні і дві похилі лінії під кутом α . До похилих ліній з точок A і B проводять перпендикуляри, і продовжують їх до перетину один з одним. Отримана точка O і визначає центр кривизни та величину радіуса R .

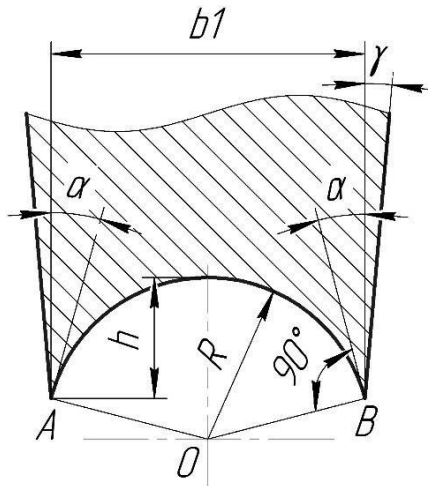


Рис. 2.2 Обґрунтування параметрів форми профілю вдавлюючого диска: $b1$ – ширина циліндричного жолобу; γ – конусність диска; R – радіус жолоба; O – центр кривизни жолоба

Жолоб вдавлюючого диска буде мати циліндричну форму, а його глибина h буде визначатися зі співвідношення:

$$h = R \times (1 - \sin\alpha) \quad (2.3)$$

Для подавання насіння у простір між послідовно розміщеними дисками встановлений напрямник насіння, що з'єднується з висівним апаратом сівалки насіннепроводом. Величина перерізу напрямника забезпечує вільне проходження насіння без заклинювання та сповільнення. Зовнішній діаметр напрямника менший ширини щілиноутворювача в місці встановлення реборд при можливо мінімальній глибині щілини. Нижня частина насіннепровода має косий зріз знизу доверху в напрямку руху агрегата для унеможливлення забивання його ґрунтом, а нижня кромка встановлюється нижче ходу нижньої кромки обмежувальних реборд для уникнення потрапляння насіння мимо щілини. Крім того напрямник має можливість переміщуватись по вертикалі і горизонталі і фіксується двома стопорними болтами.

Для складання математичної моделі руху двофазної сошникової системи для сіви просапних культур побудуємо розрахункову схему функціонування системи при русі по нерівностях поверхні поля і в умовах діючих сил.

2.2 Динаміка руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля

Для визначення характеру руху сошникової системи по нерівностях поверхні поля остання, у даному випадку, розглядається як самостійна динамічна система, що виконує малі коливання від свого початкового положення в межах переміщень, що їх допускає підвіска дисків сошникової системи.

Для аналізу параметричних співвідношень сошникової системи при русі її по нерівностях поверхні поля, складемо розрахункову схему механізованого аналога автоматизованої системи для двофазного способу заробки насіння (рис. 2.3). Функції копіювання нерівностей поля і коректора положення вдавлюючого диска виконує щілиноутворювач 1 з ребордами *reb*.

Віднесемо систему до декартової системи координат Oxz , що рухається прямолінійно із швидкістю V . Вертикальні переміщення центрів мас щілиноутворювача O_1' та вдавлюючого диска O_2' під час малих коливань радіальних поведків довкола установочних кутів β_1 та β_2 визначаються відповідно координатами z_1 та z_2 .

Зміни координат z_1 та z_2 обумовлені рухом щілиноутворювача та вдавлюючого диска по нерівностях h поверхні поля. Крім того, характер руху щілиноутворювача та вдавлюючого диска обумовлений відповідними складовими реакції ґрунту $R_{C_1}^X, R_{C_1}^Z$ та $R_{C_2}^X, R_{C_2}^Z$. Фізико-механічні властивості ґрунту враховані коефіцієнтами пружності c_3 та демпфування d_g . Силовий контур регулювання положення вдавлюючого диска замкнений пружиною з коефіцієнтом жорсткості c_2 . Радіальна підвіска має у складі пружний елемент c_1 та демпфер з коефіцієнтом демпфування d_1 . Ланка *lan* виконує функції корекції положення вдавлюючого диска відносно щілиноутворювача. Завдяки цьому досягається синхронність

копіювання нерівностей щілиноутворювачем та вдавлюючим диском, що знаходяться на відстані a один від одного.

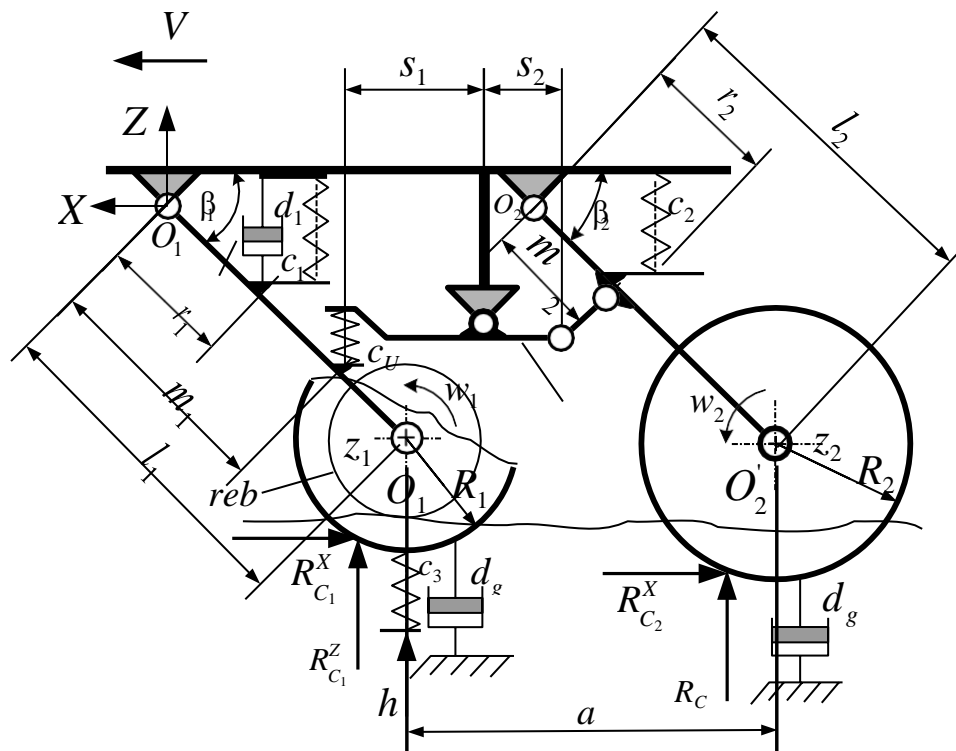


Рис. 2.3 Розрахункова схема двофазної сошникової системи

Для складання рівнянь динаміки руху сошникової системи по нерівностям поверхні поля скористаємось рівняннями динаміки Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q} = Q_{q_i}, \quad (2.4)$$

де T і Π – кінетична та потенціальна енергії;

Φ – дисипативна функція;

q_i – узагальнені координати;

Q_{q_i} – узагальнена сила.

При прийнятих припущеннях сошниковая система є системою з двома ступенями свободи, що визначаються координатами z_1 та z_2 . Кінетична енергія системи складається з енергії поступального руху центрів мас O_1' та O_2'

щілиноутворювача і вдавлюючого диска, а також варіацій кутових швидкостей їх обертання w_1 та w_2 .

Потенціальна енергія системи залежить від зміни положення центрів мас O_1' та O_2' щілиноутворювача та вдавлюючого диска, а також від деформації пружних елементів системи: натискних пружин щілиноутворювача та вдавлюючого диска і механізму корекції положення вдавлюючого диска. При коливаннях системи виникають дисипативні сили, які зменшують енергію коливань і призводять до їх затухання. Величина, що характеризує зменшення енергії коливань за одиницю часу називається функцією розсіювання, або дисипативною функцією.

Відомо, що здатність копіювати сошником нерівності поверхні поля залежить від частоти надходження нерівностей до сошника. Тому вигляд нерівностей за передбачає наявність високочастотної складової нерівностей з амплітудою в $1/6$ від амплітуди основної частоти.

2.3 Математична модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска

Аналіз показує, що ефективність роботи механічного важеля зворотного зв'язку *lan* (рис. 2.3) буде забезпечена для досить вузького діапазону технологічних параметрів функціонування сошникової системи таких, як швидкість V руху, частота і амплітуда нерівностей поверхні поля h , сила опору ґрунту R при зануренні диска тощо. Зокрема сила опору R є впливовим фактором на глибину ходу вдавлюючого диска і залежить від типу ґрунту, його фізико-механічних властивостей, вологості тощо. Причому, величина наведених властивостей значною мірою змінюється по площі поля в залежності від координат знаходження посівного агрегату в полі.

Це означає, що посівні машини для місцевизначеної сівби повинні одночасно з традиційними агротехнічними вимогами до сівби просапних культур, зокрема глибини заробки, вирішувати ще додаткові задачі з урахування перемінних діючих факторів в системі "машина-поле".

У випадку застосування двофазної сошникової системи в технологіях точного землеробства (ТЗ) необхідно враховувати місцевизначені характеристики стану ґрунту, зокрема його місцевизначену щільність. Тому в подальшому аналізі сошникової системи враховується місцевизначена інформація про щільність ґрунту з можливістю автоматизованої корекції положення вдавлюючого диска (рис. 2.4).

Така автоматизована система повинна забезпечити можливість працювати за технологіями ТЗ, а також покращити ефективність роботи коригуючого пристрою і сошникової системи в цілому для широкого діапазону технологічних умов функціонування.

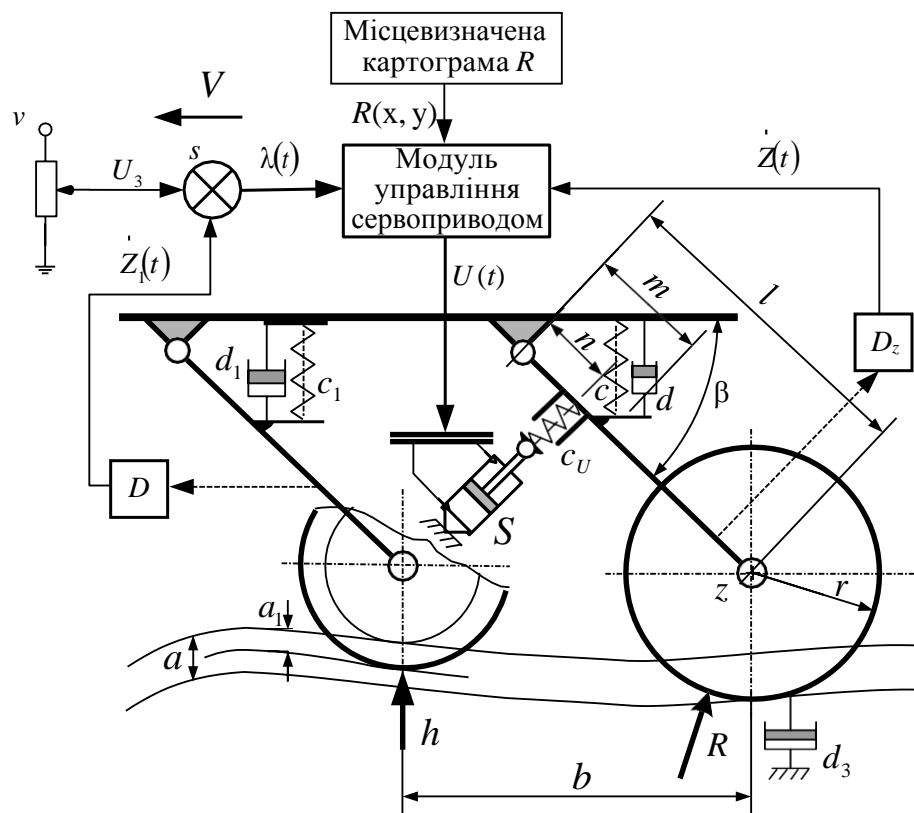


Рис. 2.4 Схема двофазної сошникової системи з автоматизованою системою корекції положення вдавлюючого диска

Положення щілиноутворювача контролюється датчиком положення D , сигнал від якого подається на суматор s . До суматора подається також сигнал ручного налаштування U_3 , а на виході маємо сигнал $\lambda(t)$, який подається до модуля управління сервоприводом. До цього модуля також подається сигнал зворотного зв'язку $\hat{Z}(t)$ від датчика положення вдавлюючого диска, а також сигнал $R(x, y)$ від блоку розрахунку місцевизначеної щільності ґрунту. Останній функціонує на підставі інформації про поточні координати МТА в полі та картограми місцевизначеної щільності ґрунту.

Структурна схема автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска представлена на (рис. 2.5).

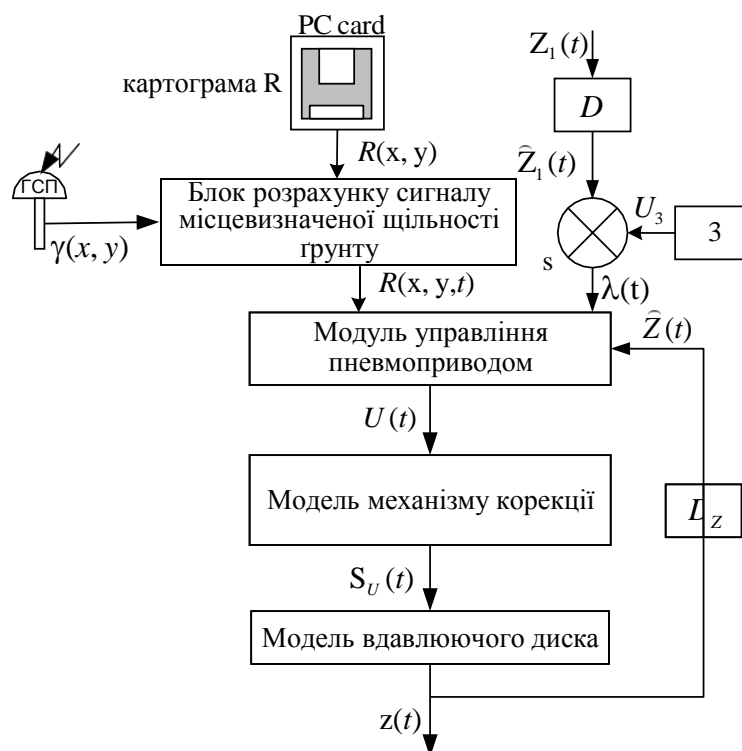


Рис. 2.5 Структурна схема автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска

До блоку розрахунку сигналу місцевизначеної щільності ґрунту від блоку зчитування (PC card) картограми стану ґрунту надходить сигнал $R(x, y)$. До цього

ж блоку надходить сигнал $\gamma(x, y)$ від датчика глобальної системи позиціонування (ГСП). Вихідним сигналом цього блоку є нормалізований по амплітуді і синхронізований із світовими координатами сигнал $R(x, y, t)$.

В якості сигналу для слідкування (цілі функціонування) виступає вихідний сигнал $\lambda(t)$. Цей сигнал формується як результат подачі до суматора сигналів $\dot{Z}_1(t)$ датчика D контролю положення щілиноутворювача та $\dot{Z}(t)$ від датчика зворотного зв'язку датчика D_Z , що контролює положення вдавлюючого диска. Для ручного регулювання положення вдавлюючого диска відносно щілиноутворювача слугує задатчик 3 із вихідним сигналом U_3 .

Ціль функціонування досягається, з одного боку, шляхом організації руху щілиноутворювача на глибині a_1 , а також шляхом дії пневмопривода на повідець радіального підвісу вдавлюючого диска (контролюється датчиком D_Z з вихідним сигналом зворотного зв'язку $\dot{Z}(t)$). В результаті на виході системи маємо кінцеву глибину заробки насіння $z(t)$ – рис. 2.5.

Основною задачею є розрахунок оптимального значення керуючої дії $U(t)$, яка подається на механізм корекції положення вдавлюючого диска. Шток пневмопривода S (рис. 2.4) корегує положення вдавлюючого диска відносно щілиноутворювача в залежності від заданих регулювань, стану нерівностей поверхні поля, а також величини опору ґрунту у відповідності до координат місцеположення МТА в полі і величини занурення вдавлюючого диска. В результаті на виході системи маємо конкретне положення вдавлюючого диска $z(t)$, яке знаходиться в функції сигналу керуючої дії $U(t)$, що надходить від модуля управління пневмоприводом.

Якість копіювання сошником нерівностей поверхні поля будемо оцінювати похибкою I відхилення оцінки $\dot{z}(t)$ дійсної глибини ходу вдавлюючого диска від заданої $\delta_z(t)$ на заліковому періоді T функціонування сошника:

$$I = \int_0^T \Delta^2 dt, \quad (2.5)$$

де $\Delta = \delta_3(t) - \tilde{z}(t)$ – похибка виконання завдання.

При аналітичному описі сошникової системи зручно розбити систему на ланки і для кожної ланки записати своє рівняння. Для цього скористаємось представленням диференціальних рівнянь, що описують функціонування системи, передаточними функціями кожної ланки.

Передаточну функцію моделі вдавлюючого диска знайдемо через складання диференціального рівняння руху вдавлюючого диска. Для складання рівнянь динаміки руху сошникової системи по нерівностям поверхні поля скористаємось рівняннями динаміки (2.4).

При прийнятих припущеннях вдавлюючий диск буде системою, положення якої визначається узагальненою координатою z . Кінетична енергія системи складається з енергії поступального руху центра мас вдавлюючого диска, а також варіацій кутової швидкості його обертання W :

$$T = \frac{1}{2} \left(M \left(\dot{z}^2 + (\tan[\beta] \dot{z})^2 \right) + I w^2 \right), \quad (2.6)$$

де M - маса вдавлюючого диска;

I - момент інерції вдавлюючого диска відносно осі його обертання;

w - варіації швидкості обертання вдавлюючого диска, що обумовлені роботою радіальної підвіски при копіюванні нерівностей поверхні поля.

Аналіз такої моделі дає можливість обрести структуру та значення параметрів керуючої дії $U(t)$ (закону регулювання) які забезпечують досягнення усталеності процесу функціонування, а також роботу при допустимих значеннях помилки слідкування за виконанням завдання.

2.4 Імітаційне моделювання процесу функціонування двофазної сошникової системи

Метою імітаційного моделювання є визначення можливостей двофазної сошникової системи виконувати заданий режим роботи при зміні таких параметрів функціонування, як, наприклад, амплітуда і частота надходження нерівностей до

сошникової системи, маса щілиноутворювача і вдавлюючого дисків, коефіцієнт затування ξ , коефіцієнт підсилення K тощо, при наявності систематичних та випадкових похибок вимірювальних і контролюючих елементів.

Чисельний розв'язок системи диференціальних рівнянь (2.15) руху механічної двофазної сошникової системи проводився за допомогою методу Рунге-Кутта 4-го порядку. Крок зміни часу при цьому було обрано 0.01 с, що забезпечило стійкість чисельного рішення.

Масив вихідних даних, необхідних для розв'язку системи рівнянь (2.15) при швидкості руху сівалки $V = 2$ м/с і відстані $a = 0.42$ м подано в таблиці 2.1.

На рис. 2.6 представлено вигляд профілю нерівностей поверхні поля та переміщень z_1 та z_2 під час переміщення сошникової системи впродовж 5 секунд. Можна відмітити, що перехідний процес закінчується через 1.7 секунди. Щілиноутворювач копіює нерівності із запізненням у часі Δt і, окрім цього, не реагує на високочастотну їх складову, що незадовільно відбивається на якості глибини заробки насіння.

Таблиця 2. 1. Конструктивні параметри сошникової системи для двофазного способу сівби.

Параметр	Значення	Параметр	Значення	Параметр	Значення
b_1 , рад.	0.55	I_1 , кг м ²	0.15	c_2 , кН/м	300
b_2 , рад.	0.55	I_2 , кг м ²	0.38	c_3 , кН/м	800
h , м	0.03	R_1 , м	0.14	c_U , кН/м	900
M_1 , кг	10	R_2 , м	0.18	d_1 , Н с/м	350
M_2 , кг	12	c_1 , кН/м	100	d_g , Н с/м	350
R_{cz1} , Н	85	R_{cz2} , Н	90	R_{cx1} , Н	10
R_{cx2} , Н	15	l_1 , м	0.4	l_2 , м	0.5
m , м	0.2	m_2 , м	0.2	s_1 , м	0.15
s_2 , м	0.1	r_1 , м	0.15	r_2 , м	0.15

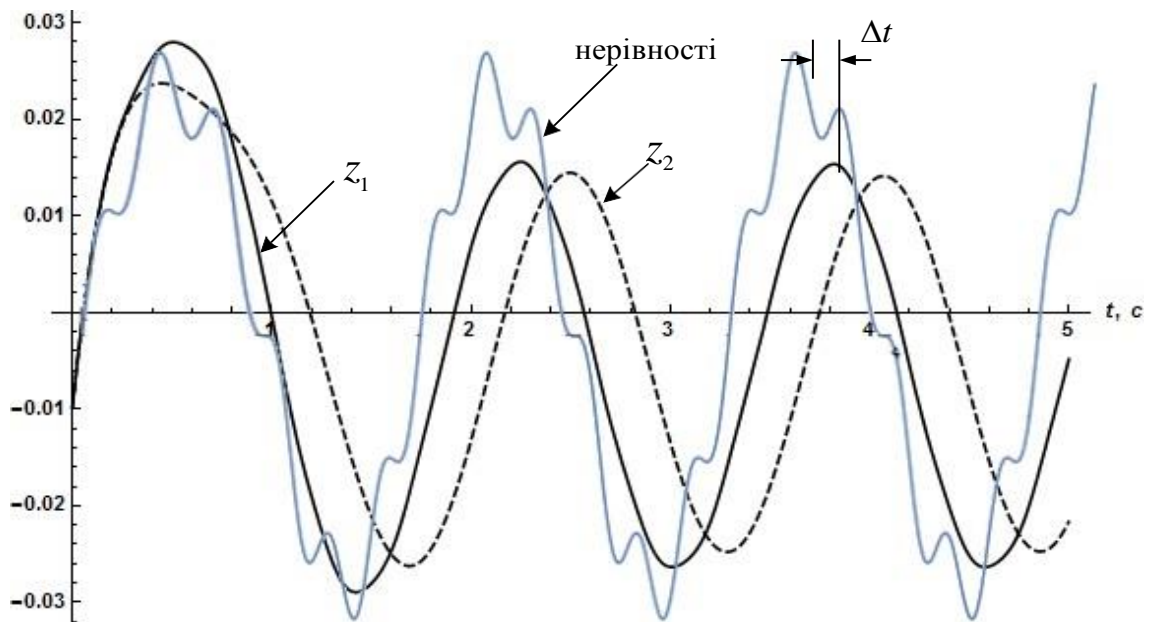


Рис. 2.6 Зображення нерівностей поверхні поля та координати z_1 та z_2

З метою покращення робочого процесу сошникової системи було проведене комп'ютерне моделювання поведінки сошникової системи в залежності від ключових параметрів системи за допомогою програмного продукту Mathematica. В результаті цього було визначено, що для даної конструкції необхідно зменшити жорсткість пружин c_1 до 300 кН/м, c_2 – прийняти на рівні 60 кН/м.

Аналітичне моделювання процесу керування глибиною ходу вдавлюючого диска проводилось в середовищі Simulink програмного продукту MatLAB. На рис. 2.7 подана модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска, що відповідає математичній моделі.

Як відомо, вихідний сигнал датчика положення щілиноутворювача і вдавлюючого диска значною мірою залежить від рівня закладених в його конструкції параметрів, а значить і вартості. На першому етапі моделювання поставлена задача дослідити, як впливають систематична та випадкова складові помилки функціонування датчика положення щілиноутворювача на його вихідний сигнал і якість функціонування вдавлюючого диска без урахування складової реакції ґрунту на щілиноутворювач.

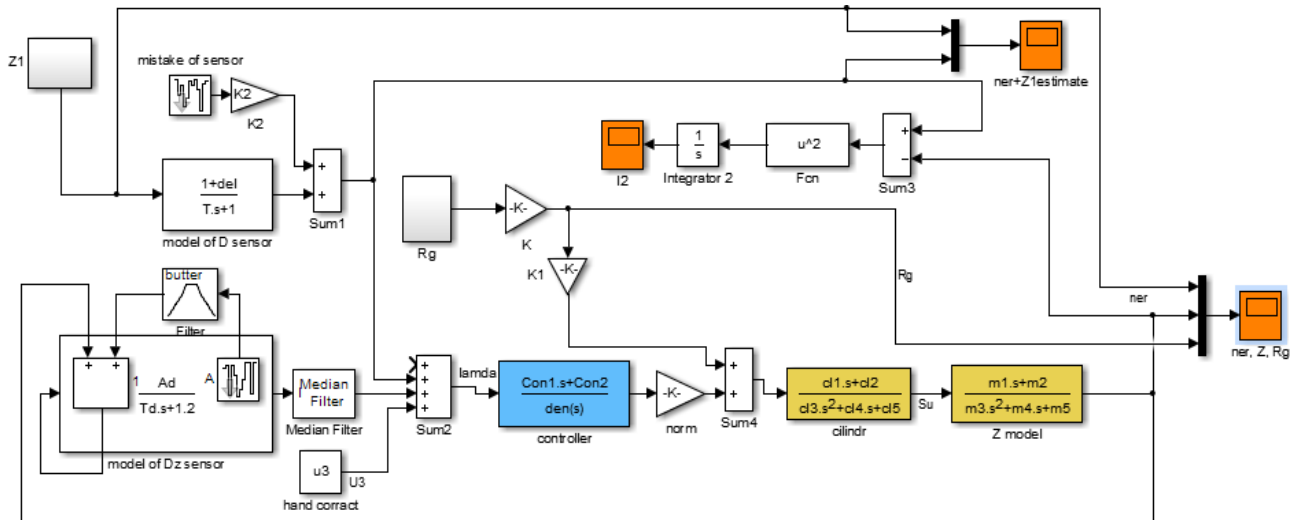


Рис. 2.7 Модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска у середовищі Simulink

Передаточну функцію моделі датчика положення щілиноутворювача представимо по аналогії з вдавлюючим диском:

Значення $\Delta_d(t)$ та $\xi_d(t)$ оберемо такими, що відповідають високому рівню систематичної та випадкової складових помилки якості функціонування датчика положення щілиноутворювача, а саме 0.1 і 0.15 відповідно. Тоді маємо наступні результати функціонування системи. На рис. 2.8 представлені графіки зміни вхідного і вихідного сигналу датчика положення щілиноутворювача впродовж 20 секунд.

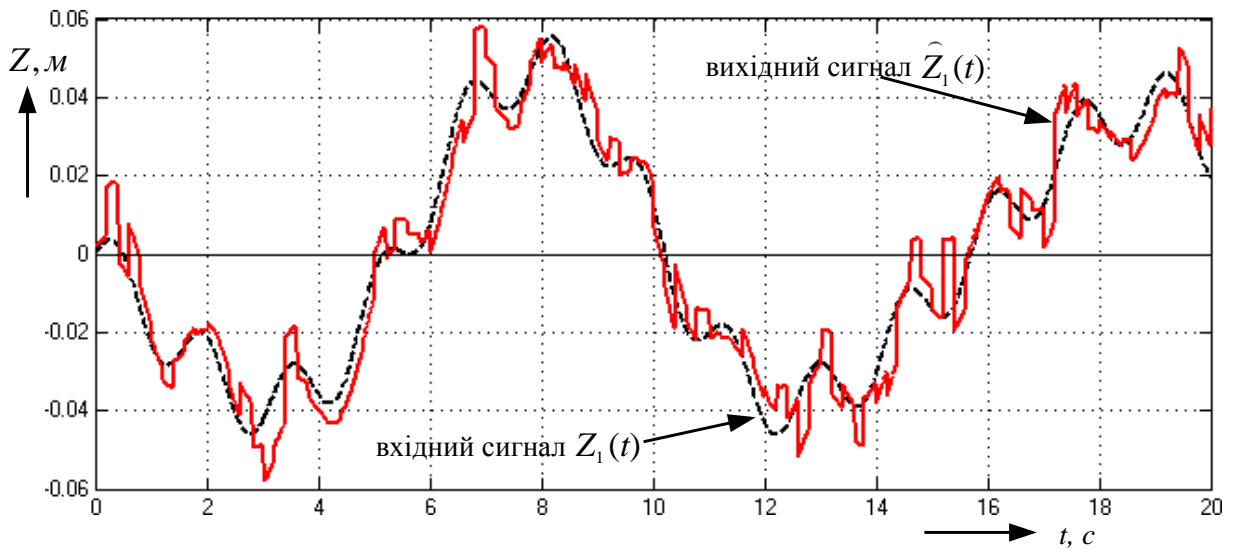


Рис. 2.8 Вхідний і вихідний сигнал датчика положення щілиноутворювача

Крім того, зашумлений вихідний сигнал датчика положення щілиноутворювача значною мірою вплинув і на роботу вдвлюючого диска (рис. 2.9), тобто на процес заробки насіння на задану глибину, реалізація якого повинна бути еквідистантною лінією до нерівностей поверхні поля. Причому похибка відхилення оцінки дійсної глибини ходу вдвлюючого диска від заданої показана на рис. 2.10 і склала $0.53 \cdot 10^{-3}$.

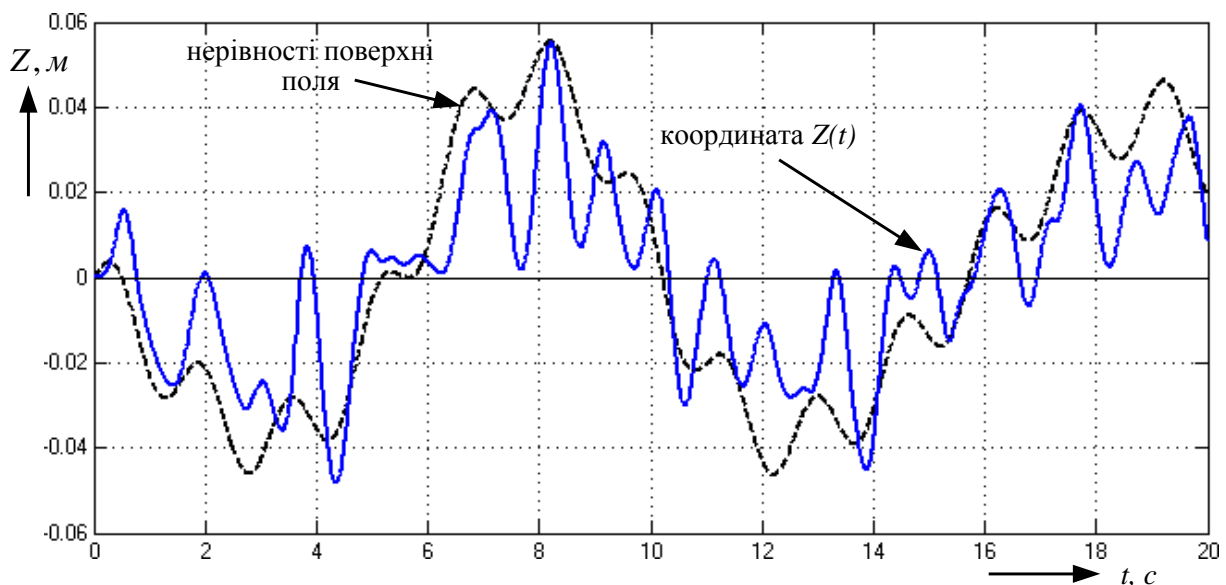


Рис. 2.9 Нерівності поверхні поля і глибина ходу $Z(t)$ вдвлюючого диска

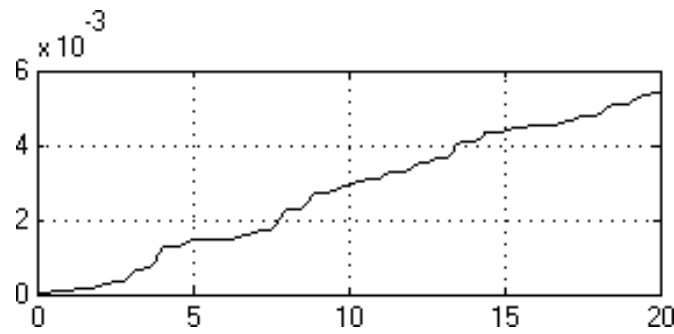


Рис. 2.10 Зростаюча похибка відхилення оцінки дійсної глибини ходу вдавлюючого диска від заданої

Наведені дані свідчать про те, наскільки важливо використовувати в конструкції двофазної сошникової системи якісні датчики положення. При зменшенні систематичної і випадкової складових відносної помилки функціонування датчика до величин 0.01 і 0.015 відповідно, якість досліджуваних процесів значно покращилась (рис. 2.11).

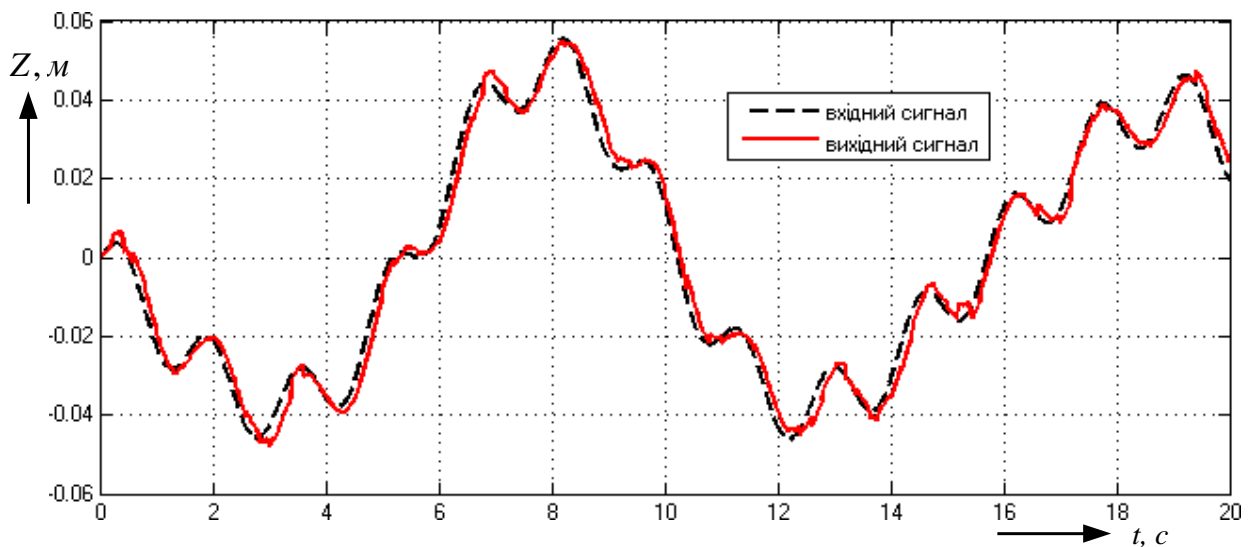


Рис. 2.11 Вхідний і вихідний сигнал датчика положення щілиноутворювача після оптимізації його параметрів

Позитивно відбилосся це і на величині похибки відхилення оцінки дійсної глибини ходу вдавлюючого диска від заданої, яка зменшилась до $0.3 \cdot 10^{-3}$.

Надалі проаналізуємо, як впливають систематичні та випадкові помилки функціонування датчика положення вдавлюючого диска на якість функціонування останнього. По аналогії з подібним аналізом, щодо датчика положення щілиноутворювача (рис. 2.8, 2.11), оберемо значення помилок, що відповідають високому рівню систематичної та випадкової складових помилки якості функціонування датчика та якісному датчику положення. На рис. 2.12 представлені графіки зміни вхідного і вихідного сигналу датчика положення вдавлюючого диска з великим рівнем шуму вихідного сигналу.

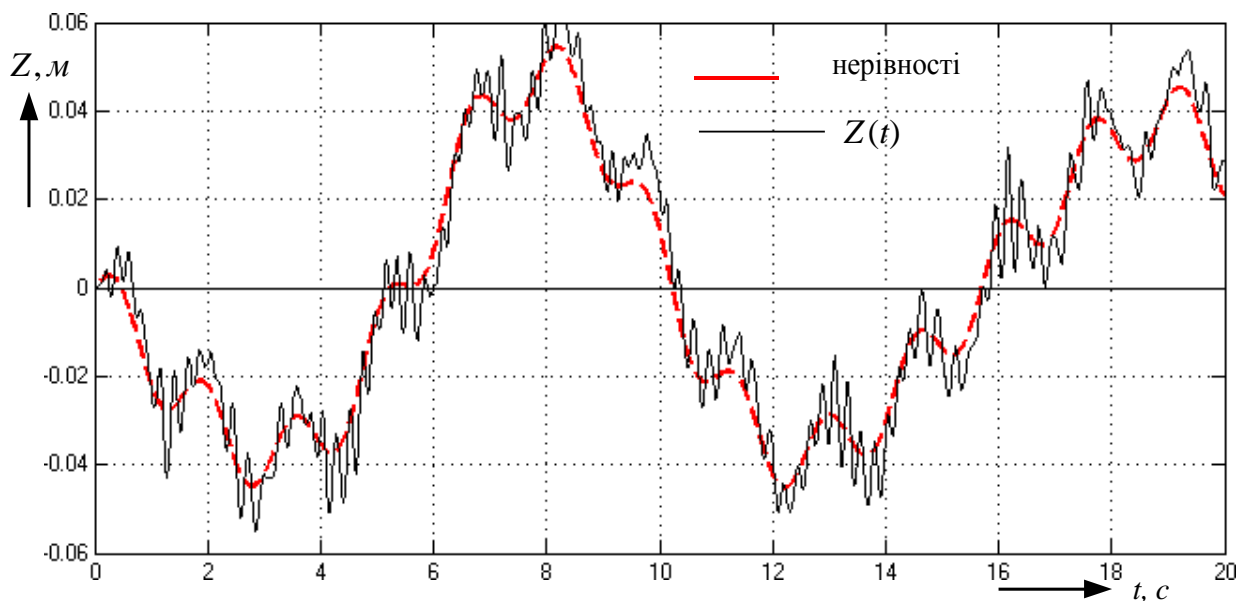


Рис. 2.12 Нерівності поверхні поля і координата $Z(t)$ при використанні датчика положення вдавлюючого диска з великим рівнем шуму вихідного сигналу

Наявність високочастотних шумових складових збільшує дисперсію помилки регулювання, приводять систему до нестійкого режиму роботи.

Для зменшення впливу збурень в практичних ситуаціях застосовуються два основних способи: зменшення коефіцієнта підсилення регулятора, тобто, фактично, перехід на інтегральний закон регулювання, який малочутливий до шумів та фільтрації вимірюваного сигналу.

В даному випадку застосована фільтрація високочастотних (в порівнянні з основним сигналом) збурень. Цей фільтр, разом з отриманням оцінок вектора стану об'єкта, забезпечує мінімальну дисперсію всіх його компонентів. Проте, для розрахунку параметрів фільтру, необхідне знання статистичних характеристик шумів, що в реальних умовах ускладнено. Крім того, в загальному випадку, задача

фільтрації суперечлива, оскільки спектри збурення і шуму можуть накладатися один на одне. Це протиріччя вирішене шляхом застосування медіанного фільтру (Median filter, рис. 2.7). Такий фільтр замінює центральне значення прилеглої області значень функції на його серединне значення. Для компенсації втрат розмаху сигналу на виході фільтра збільшено величину коефіцієнта підсилення модуля управління сервоприводом. При виконанні означених умов і застосуванні датчика з мінімальним рівнем шуму, графіки зміни вхідного і вихідного сигналу датчика положення вдавлюючого диска показані на рис. 2.13.

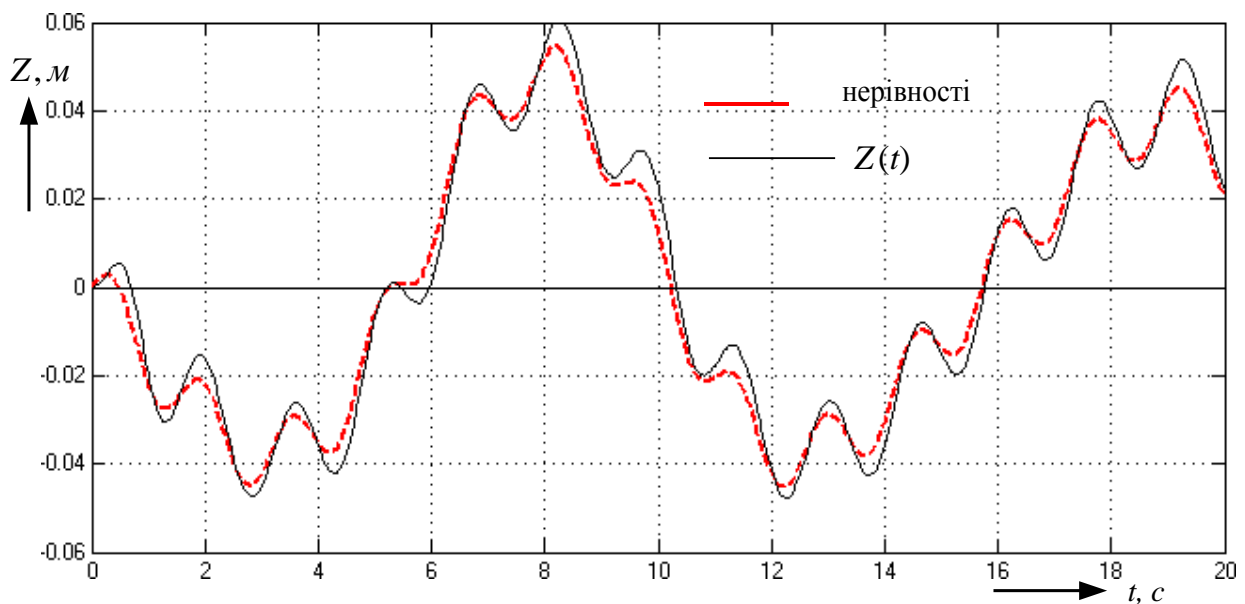


Рис. 2.13 Нерівності поверхні поля і координата $Z(t)$ при роботі з якісним датчиком положення вдавлюючого диска

Наступним кроком аналітичного моделювання стала задача оцінки впливу твердості ґрунту (основна складова реакції ґрунту на щілиноутворювач) на якість функціонування вдавлюючого диска. Цей вплив важливо проаналізувати, тому що під час виконання лабораторно-польових досліджень з вимірювання щільності ґрунту в польових умовах визначено, що цей показник варіює в значних межах, а саме 100...1300 кПа.

За умов використання означених вище значень динамічних параметрів двофазної сошникової системи, результат розв'язання процесу її функціонування у відповідності до структурної схеми автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска (рис. 2.4) показано на рис. 2.14.

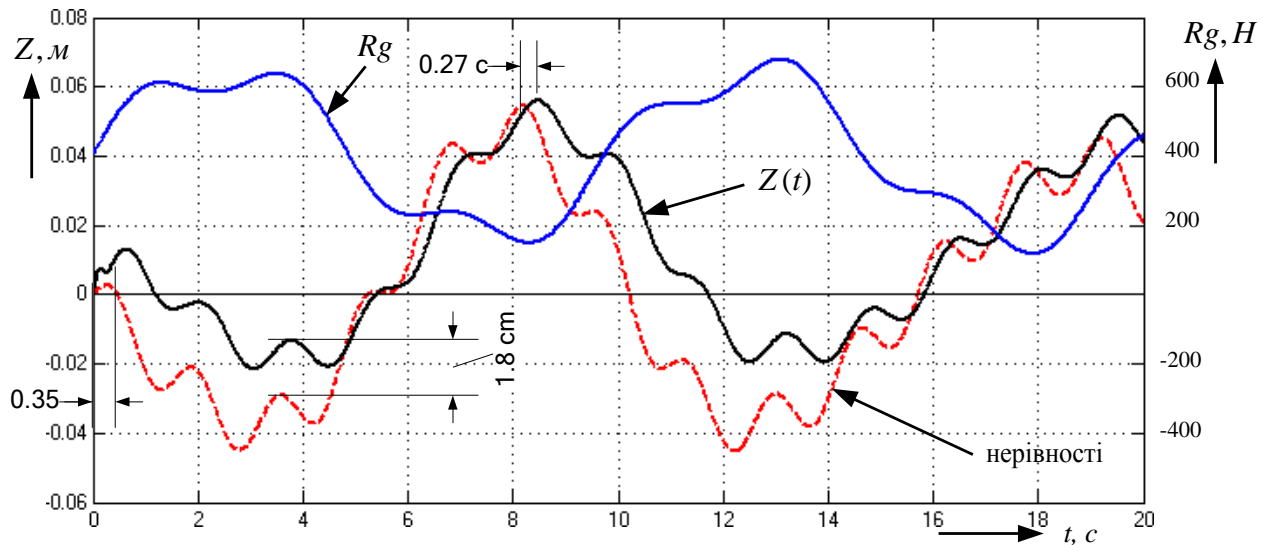


Рис. 2.14 Зображення процесу функціонування двофазної сошникової системи: $Z(t)$ – координата положення вдавлюючого диска; Rg – величина сили опору ґрунту

Із рис. 2.14 видно, що механізм функціонування вдавлюючого диска (координата $Z(t)$) має на початку роботи перехідний процес у 0.35 с. Крім того має місце фазовий зсув у копіюванні нерівностей поверхні поля у 0.27 с, що, наприклад, при швидкості руху сівалки 2 м/с відповідає копіюванню зі зсувом близько у 0.54 м. Не витримується, також, задана амплітуда коливань вдавлюючого диска. Наприклад, на відрізку часу з 3-ї по 9-ту секунду амплітуда коливань нерівностей складає 9.8 см, проте як амплітуда коливань вдавлюючого диска на цьому ж проміжку часу складає всього 7.5 см.

Але найбільш суттєвим моментом є негативний вплив реакції ґрунту Rg на процес копіювання нерівностей. Як бачимо (рис. 2.14), відбувається «спливання» вдавлюючого диска з порушенням процесу копіювання до 1.8 см.

Багато мати інваріантну до дії реакції ґрунту на вдавлюючий диск систему з усталеними і заданими режимами копіювання нерівностей поверхні поля. Комп'ютерне імітаційне моделювання дозволило визначити впливові фактори для досягнення поставленого завдання. Основними з таких факторів стали жорсткість пружини cU (рис. 2.4), зменшення коефіцієнта демпфування d , а також стала часу, коефіцієнти затухання і підсилення модуля управління пневмоприводом.

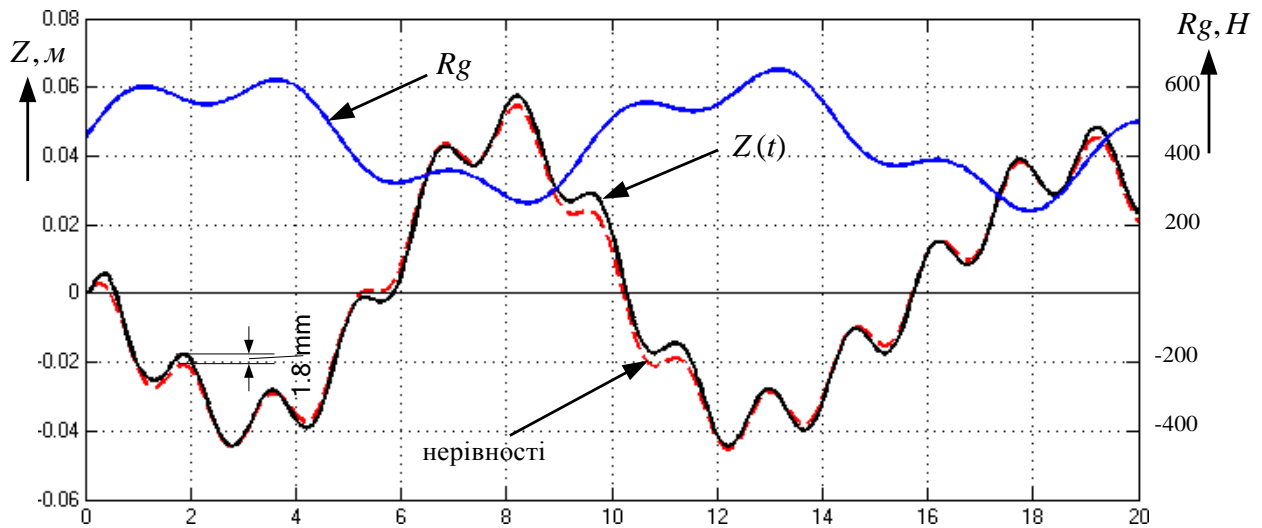


Рис. 2.15 Зображення процесу функціонування оптимізованої двофазної сошникової системи: $Z(t)$ – координата положення вдавлюючого диска; Rg – величина сили опору ґрунту

В цілому, виконання завдання з дотримання заданої глибини ходу сошникової системи виконується задовільно. Динамічні параметри системи підібрані таким чином, що зміни місцевизначеної щільності ґрунту (через параметр Rg) не завдають суттєвого впливу на стабільність ходу двофазного сошника. Ефект «спливання» вдавлюючого диска під дією реакції Rg зведено до мінімуму і не перевищує 1.8 мм. Відсутній, також, фазовий зсув у копіюванні нерівностей поверхні поля.

Висновки до розділу

1. На характер положення вдавлюючого диска сошникової системи значною мірою впливають систематичні та шумові похибки вимірювань кінематичних режимів роботи МТА та датчиків зворотних зв'язків, що обумовлює підвищені вимоги до параметрів електромеханічних (-пневматичних) елементів системи регулювання.

2. Рівняння складають модель функціонування двофазної сошникової системи для технологій ТЗ. Аналіз такої моделі дає можливість обрати структуру та значення параметрів керуючої дії $U(t)$ (закону регулювання) які забезпечують досягнення усталеності процесу функціонування, а також роботу при допустимих значеннях помилки слідкування за виконанням завдання.

3. Динамічні параметри системи підібрані таким чином, що зміни місцевизначеної щільності ґрунту (через параметр Rg) не завдають суттєвого впливу на стабільність ходу двофазного сошника. Ефект «спливання» вдавлюючого диска під дією реакції Rg зведено до мінімуму і не перевищує 1.8 мм.

4. Для випадку керування положенням вдавлюючого диска сошникової системи механізмом "пнеumoциліндр" оптимальними параметрами системи регулювання є: стала часу механізму регулювання $T_k=0,08$ с, коефіцієнт затухання $\xi_k=0.3$, коефіцієнт передачі, $K_k=0.8$. Коефіцієнти закону керування K_1 , K_2 , K_3 відповідають величинам 0.6, 0.1 та 0.1 відповідно.

5. Комп'ютерне імітаційне моделювання дозволило визначити впливові фактори для досягнення поставленого завдання. Основними з таких факторів стали жорсткість пружини c_U (рис. 2.4), зменшення коефіцієнта демпфування d , а також стала часу, коефіцієнти затухання і підсилення модуля управління пневмоприводом. При величинах $c_U = 360 \text{ кг} / \text{см}$, $d = 120 \text{ Н с/м}$, $T = 0,1 \text{ с}$, $\xi = 0.1$, $K = 4.9$ процес функціонування системи представлено на рис. 2.15.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Важливим напрямком в розробці робочих органів сільськогосподарських машин є обґрунтування їх конструктивних, кінематичних, технологічних та експлуатаційних параметрів на основі проведених теоретичних досліджень. В процесі теоретичних досліджень були отримані аналітичні залежності, які встановлюють зв'язок між конструктивними параметрами сошникової системи, параметрами автоматизованої системи і характеристиками твердості та нерівностей поверхні поля. Однак, при описі процесу роботи сошникової системи практично неможливо передбачити і врахувати всі окремі фактори, які в тій чи іншій мірі обумовлюють точність отриманої математичної моделі. Одночасний вплив на характер руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля значної кількості різного роду зовнішніх збурень, не дозволяє описати процеси, що відбуваються з достатньою точністю тільки теоретичним шляхом. Найбільш достовірними вважаються результати дослідження працездатності посівних машин і їх робочих органів, які отримані експериментальним шляхом.

3.1 Програма проведення експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень спрямована на те, щоб перевірити достовірність виконаних теоретичних досліджень, встановити закономірність протікання тих технологічних процесів, які не могли бути встановлені на основі теоретичних розрахунків, оцінити пропоновані техніко-технологічні рекомендації щодо покращення процесу загортання насіння просапних культур в ґрунт.

Відповідно цьому до програми експериментальних досліджень були включені такі завдання:

1. Вивчення впливу нерівностей поверхні поля і просторової зміни твердості ґрунту на якість розміщення насіння двофазною сошниковою системою вздовж рядка та по глибині заробки в ґрунті.

2. Експериментальна перевірка теоретичних передумов прийнятих при побудові розрахункових моделей функціонування сошникової системи і її складових частин.

3. Визначення тягового опору пропонованої і базової сошникових систем.

4. Порівняльна оцінка запропонованих технічних рішень спрямованих на вдосконалення процесу сівби насіння просапних культур.

3.2 Прилади та обладнання для забезпечення експериментальних лабораторних і лабораторно-польових досліджень

Для вивчення впливу надходження нерівностей поверхні поля та просторової зміни твердості ґрунту по довжині гону на рівномірність залягання насіння по глибині, та на відповідність заданому висівним апаратом розподілу насіння вздовж рядка, було спроектовано і виготовлено лабораторно-польову установку (рис. 3.1).

Лабораторно-польова установка є двофазною сошниковою системою, що складається із диска щілиноутворювача 1, який через підпружинений амортизатором 2 повідок 3 закріплений шарнірно до рами 4, глибина ходу диска щілиноутворювача регулюється опорно-ходовими колесами 5. Послідовно, в повздовжньому напрямку, встановлений висівний апарат 7 із насіннепроводом 6. Вдавлюючий диск 10, встановлений на повідку 11, який шарнірно приєднаний до рами. Висівний апарат приводиться в рух за допомогою електродвигуна-редуктора 8 через ланцюгову передачу 9.

Двофазна сошникова система має автоматизовану систему регулювання і контролю положення вдавлюючого диска, яка, в свою чергу, складається із двох пневмоциліндрів 12, клапанно-розподільного механізму 13, датчиків 14 і 15 положення повідків, зовнішнього джерела стисненого повітря (на рис. не показано) та контролера Мікрол МІК 121, який крім того керує роботою висівного апарата. Для фіксації моменту прольоту насінини в нижній частині насіннепровода встановлено індуктивний датчик 16.

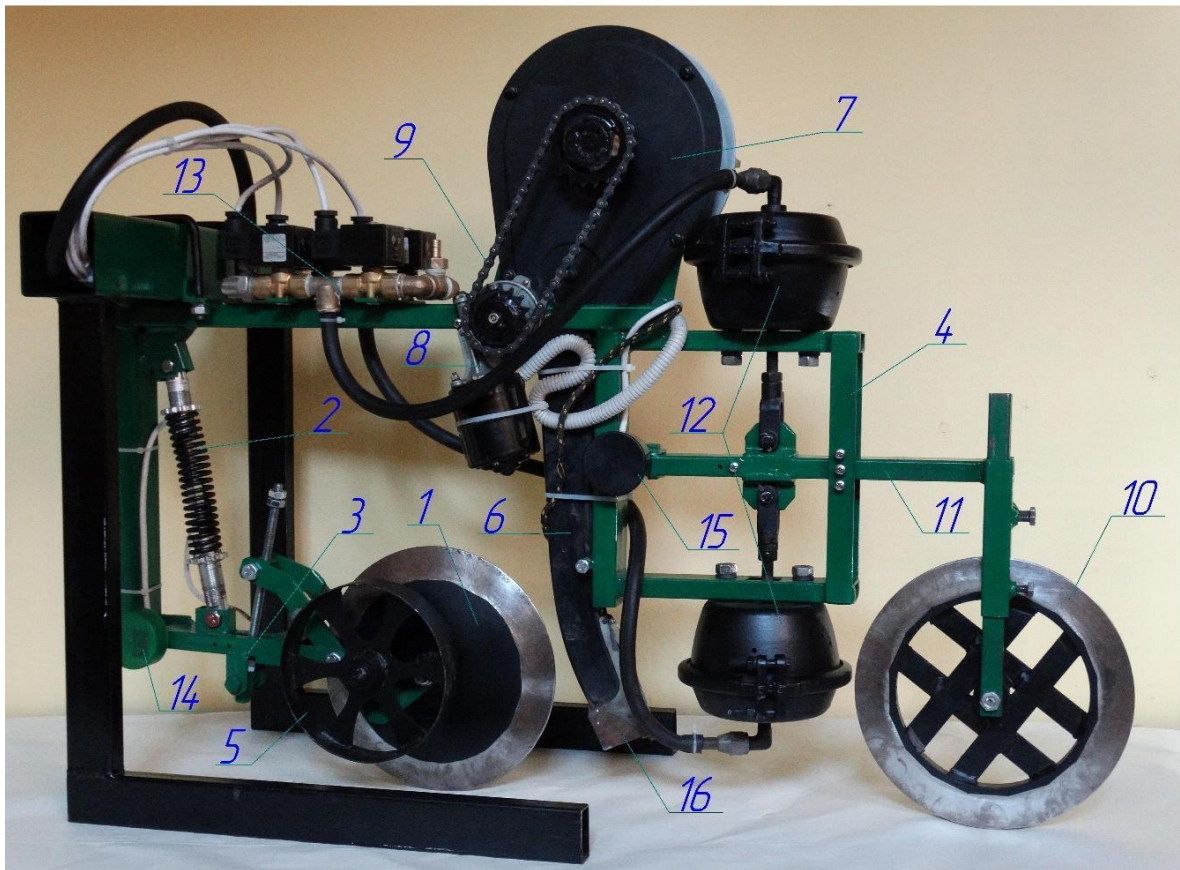


Рис. 3.1 Загальний вигляд лабораторно-польової установки: 1 – диск щілиноутворювач, 2 – амортизатор, 3 – повідок, 4 – рама, 5 – опорно-ходові колеса, 6 – насіннепровід, 7 – висівний апарат, 8 – електродвигун-редуктор, 9 – ланцюгова передача, 10 – вдавлюючий диск, 11 – повідок, 12 – пневмоциліндри, 13 – клапанно-розподільний механізм, 14, 15 – датчики положення повідків, 16 – індуктивний датчик.

Для визначення твердості ґрунту, як в лабораторних, так і в лабораторно польових умовах був використаний пенетрометр FIELDSCOUT SC 900 (рис. 3.2), в якому передбачено роботу із зовнішнім модулем GPS, що дозволяє записувати в автоматичному режимі координати кожної точки визначення твердості. Одиниці визначеної твердості відображаються індексом PSI або кПа (1 PSI = 6,9 кПа).

Пенетрометр обладнаний ультразвуковим датчиком глибини занурення щупа, що дає можливість фіксувати твердість по шарах із кроком 2,5 см. Діапазон вимірювання глибини 0 – 45 см із точністю 1,25 см. Діапазон визначення твердості від 0 до 1000 PSI (0 – 7000 кПа) із точністю +/- 15 PSI (103 кПа) і роздільною

здатністю 5 PSI (35 кПа). Пам'ять пенетрометра розрахована на 772 виміри без фіксування світових координат GPS і 579 вимірів із фіксацією GPS. Живиться від чотирьох батарейок типорозміру ААА. Кінець щупа, який при вимірюванні занурюється в ґрунт, обладнано конусом із діаметром 1,27 см.



Рис. 3.2 Пенетрометр FIELDSCOUT SC 900

Для забезпечення точності вимірювань пенетрометр перед початком роботи калібрують. Для цього він встановлюється у вертикальному положенні на твердій поверхні, після чого утримуючи натиснутою кнопку **START**, натискають кнопку **ON**, що розпочинає зворотній відлік до початку калібрування від 5 до 1. В цей момент пенетрометр можна тримати тільки за щуп. Тепер дисплей приладу повинен показати значення між 5 і 10 PSI (35 - 70 кПа), що відповідає вазі самого лічильника.

Вимірювання твердості ґрунту відбувається шляхом рівномірного занурення щупа в ґрунт, при цьому, швидкість занурення, що відповідає стандарту ASABE, не повинна перевищувати 2,5 см/с.

Для завантаження даних за допомогою програмного забезпечення FieldScout, пенетрометр вимикають і під'єднують через порт RS-232 що знаходиться на нижньому боці приладу за допомогою кабелю до USB комп'ютера. Формат даних дозволяє їх перегляд у Microsoft Word та Microsoft Excel.

Для визначення вологості ґрунту (VWC), а саме, об'ємного обсягу води в ґрунті до загального обсягу ґрунту у відсотках, як в лабораторних, так і в лабораторно польових умовах був використаний вологомір FIELDSCOUT TDR 300

Soil (рис. 3.3), в якому передбачено роботу із зовнішнім модулем GPS, що дозволяє записувати в автоматичному режимі координати кожної точки визначення вологості.



Рис. 3.3 Вологомір FIELDSCOUT TDR 300 Soil

Для визначення вологості ґрунту на різних глибинах вологомір обладнується змінними електродами різної довжини 3,8 7,5 12 і 20 см. Глибина визначення вологості є більшою на 3 см за довжину встановлених електродів. Електроди виготовлені із нержавіючої сталі. Діапазон визначення вологості від 0% до повного насичення ґрунту (зазвичай складає 50%) із точністю +/- 3% і роздільною здатністю 0,1%. Пам'ять вологоміра розрахована на 3250 вимірів без фіксування світових координат GPS і 1350 вимірів із фіксацією GPS координат. Живиться від чотирьох батарейок типорозміру AAA.

Для забезпечення точності вимірювань вологомір перед початком роботи калібрують. Для цього вологомір тримають таким чином, щоб електроди знаходились на повітрі, після чого утримуючи натиснутою кнопку MODE натискають кнопку READ. Після чого електроди повністю занурюють у ємкість із дистильованою, або деіонізованою водою і натискають кнопку READ. Прилад покаже відповідним написом на екрані завершення калібрування для конкретної довжини електродів. Якщо використовуються електроди іншої довжини, то

калібрування необхідно проводити для кожного з них. Ємкість із водою повинна мати діаметр не менше 7,5 см.

Для вимірювання вологості електроди потрібно вдавнити в ґрунт на всю довжину. В іншому випадку частина електрода буде контактувати з повітрям і вимірювання буде не точним. З тієї ж причини електроди мають бути введені в ґрунт без бічних коливань для уникнення утворення повітряного простору біля електродів. Під час роботи на щільних ґрунтах необхідно використовувати спеціальне пристосування для попереднього утворення направляючих отворів на глибину 3,8 см.

Для завантаження даних за допомогою програмного забезпечення FieldScout, вологомір вимикають і під'єднують через порт RS-232 що знаходиться на нижньому боці приладу за допомогою кабелю до USB комп'ютера. Формат даних дозволяє їх перегляд у Microsoft Word та Microsoft Excel. За допомогою онлайн сервісу SpecMaps результати вимірювань можна перевести у двовимірну кольорову карту вологості ґрунту.

Для визначення відстані між рослинами вздовж рядка залікової ділянки, а також реєстрації стану розвитку кожної рослини в лабораторно польових умовах був використаний прилад POGO STICK (рис. 3.4), в основу роботи якого покладена рулетка із датчиком n-coder, що з'єднаний з її віссю обертання, і створює 2500 імпульсів на один оберт вала, що дозволяє з високою точністю визначати видовження вимірювальної стрічки.

Прилад має свій модуль, який за допомогою кабелю з'єднаний із датчиком n-coder і джерело живлення. Для візуального відображення інформації і вводу даних використовують iPad, що закріплюється у верхній частині PogoStick, і за допомогою Bluetooth з'єднується з модулем.

Із видовженням вимірювальної стрічки змінюється діаметр, з якого вона змотується і відповідно її видовження за один оберт n-coder. Для забезпечення точності вимірювань прилад перед початком роботи калібрують. Для цього необхідно впевнитися, що iPad и модуль PogoStick з'єднані через Bluetooth.

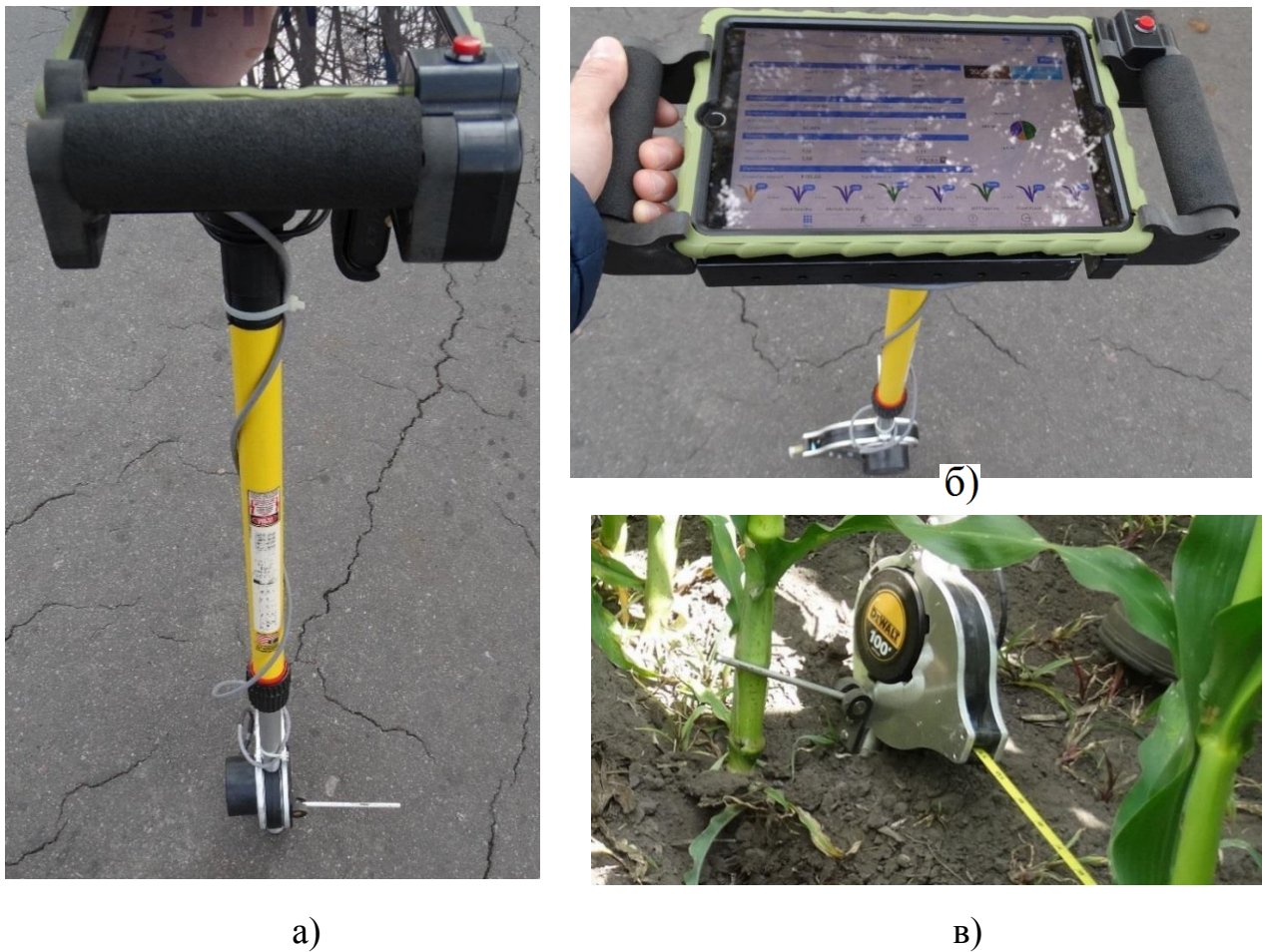


Рис. 3.4 Зображення приладу PogoStick: а – вид збоку; б – вид зверху; в – вимірювальна головка

Заходять в меню калібрування і натискають зелену кнопку Set/Next, чим фіксується нульове видовження вимірювальної стрічки. Стрічку витягують до 0,3м і натискають зелену кнопку Set/Next, продовжують видовження до 0,6м і т.д. додаючи по 0,3м., доки видовження не складе 27м, калібрування автоматично завершиться і буде збережене в модуль PogoStick.

Для вимірювання відстані між рослинами край стрічки закріплюють на початку залікового рядка, а щуп, що встановлений на приладі, підводять до стебла і фіксують положення рослини натисканням кнопки на екрані iPad, переходять до наступної рослини, підводять щуп, тиснуть кнопку, фіксується її положення і так далі. Для реєстрації стану розвитку рослини, в момент фіксації її положення на полі, вводять дані до програми. По завершенню вимірювання результати зберігаються в програмі, їх можна вивести на робочий екран та відправити на свій e-mail у форматі доступному для Microsoft Excel, що полегшує роботу з обробки результатів.

3.3 Методика дослідження якості сівби двофазною сошничковою системою

Якість сівби полягає у рівномірному розміщенні насіння по глибині його залягання в шарі ґрунту відповідної щільності та забезпеченні заданого висівним апаратом розподілу насіння вздовж рядка незалежно від зміни частоти надходження нерівностей поверхні поля та просторової зміни твердості ґрунту по довжині гону. Для дослідження якості сівби двофазною сошничковою системою. Загальна роботоздатність двофазної сошничкової системи, взаємна робота вдавлюючого диска та щілиноутворювача, а також тяговий опір перевірялися в лабораторних умовах з використанням ґрунтового каналу із напрямними рейками 1, по яких рухався візок 2 (рис. 3.5). До візка приєднувалась двофазна сошничкова система. Сам візок приводився в рух шляхом намотування тягового канату на тяговий барабан 3, який, в свою чергу, приводився в обертальний рух через ланцюгову передачу 5 та ланцюговий варіатор, що кінематично з'єднаний з електродвигуном.

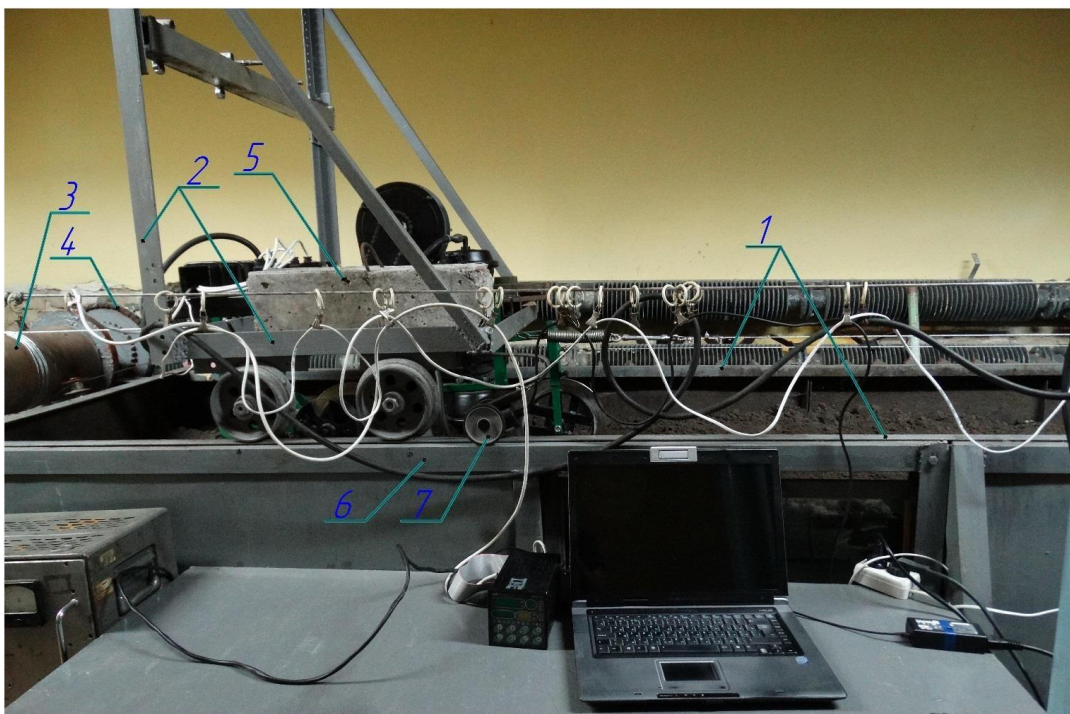
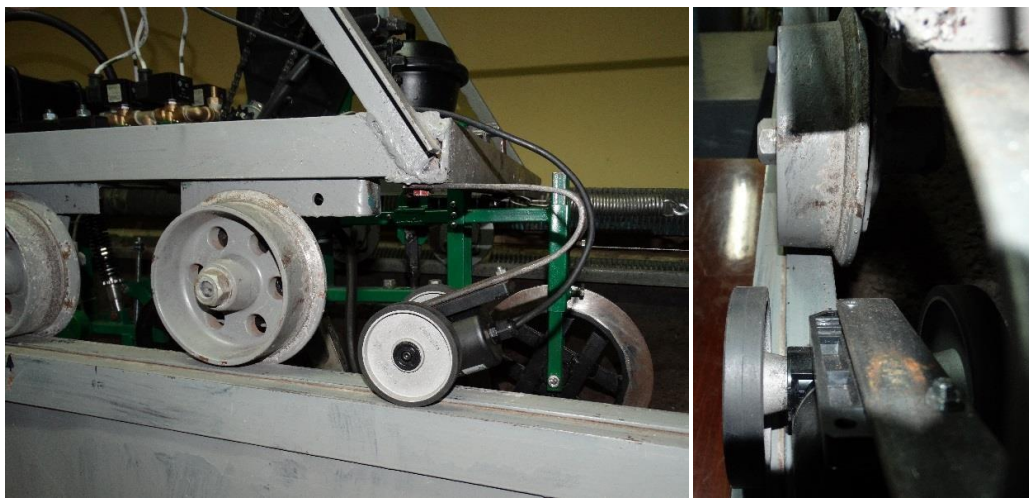


Рис. 3.5 Загальний вигляд експериментальної лабораторної установки: 1 – напрямні рейки; 2 – візок із двофазною сошничковою системою; 3 – тяговий барабан; 4 – ланцюгова передача привода тягового барабана; 5 – балансір-довантажувач; 6 – рейка реєстратора пройденого шляху і швидкості руху; 7 – датчик-кодер

Зміна швидкості переміщення візка здійснювалась за допомогою безступінчастого регулювання передаточного відношення ланцюгового варіатора в межах 0,5...3,0 м/с, що відповідає виробничим швидкостям руху сівалки при виконанні сівби. Довжина ґрунтового каналу складає 4 м, із яких залікова ділянка – 2,0 м.

Одночасно реєстрували швидкість руху сошникової системи і її положення відносно початкової точки залікової ділянки, величину вертикальних переміщень диска щілиноутворювача і вдавлюючого диска по штучно створених нерівностях поверхні ґрунту, та інтервали між насінням в момент вильоту із насіннепровода.

Шлях, який проходив візок вздовж напрямних рейках і швидкість його переміщення реєстрували за допомогою датчика n-coder «Autonics ENC-1-1-T-24», який був закріплений до візка, а своїм чутливим елементом (колесо), опирався на рейку, що була нерухомо закріплена до бічної стінки ґрунтового каналу (рис. 3.5, рис. 3.6).



а)

б)

Рис. 3.6 Загальний вигляд реєстратора пройденого шляху візка ґрунтового каналу: а – вид збоку; б – вид ззаду

При переміщенні візка, колесо датчика n-coder також обертається. На один міліметр пройденого шляху датчик утворює сигнал у вигляді одного імпульса прямокутної форми. Як видно із (рис. 3.6 б), бігова доріжка колеса датчика не співпадає із біговою доріжкою опорно-ходового колеса візка і має штучно створені напливи сферичної форми радіусом 5 мм., які розміщені на початку і в кінці залікової ділянки.

Колесо датчика в момент подолання напливу при усталеній швидкості руху візка прискорюється, тим самим, це відображається на графіках пройденого шляху, у вигляді звуження ширини відмітки прямокутної форми.

Зміна вертикального положення щілиноутворювача і вдавлюючого диска фіксувалася датчиками 14, 15 резистивного типу (рис. 3.1), які своїми корпусами закріплені до рами сошникової системи, а сприймаючими елементами (роторами), до поводків робочих органів. Як було досліджено в розділі 2.4 функціонування системи вимагає застосування якісних датчиків. Для збільшення чутливості датчиків (зменшення сталої часу) і мінімізації впливу їх шумової складової (випадкова і систематична похибки) на роботу системи збільшили коефіцієнт підсилення датчиків механічним способом шляхом приєднання ротора датчика до повідка за допомогою «верньєрного пристрою» (рис. 3.7). Ручка ротора датчика має шків 2 радіусом R . Вісь коливання повідка 1 співпадає із віссю обертання ручки шківів 2. Нитка 4 намотана кілька обертів на шків датчика 2, для уникнення проковзування, і обведена через напрямні ролики 3, та з'єднана з повідком 1 в точці фіксації A . При цьому коефіцієнт підсилення датчика $K_d = \frac{L}{R}$

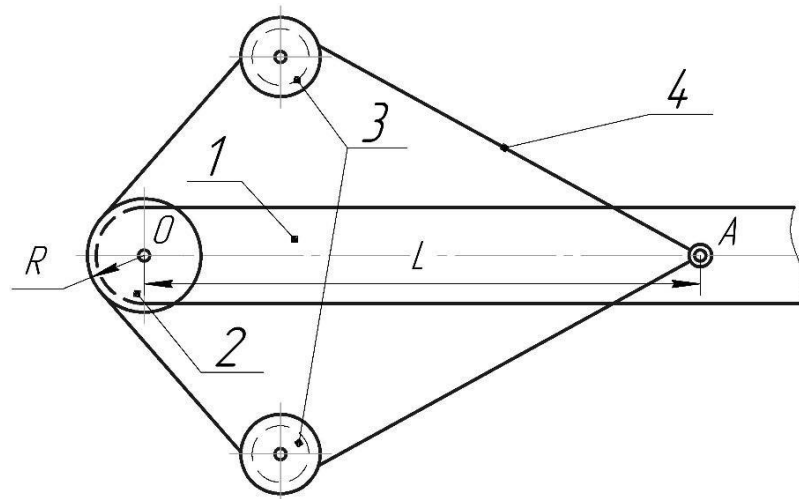


Рис. 3.7 Верньєрний пристрій: 1 – повідок; 2 – шків датчика; 3 – напрямні ролики; 4 – нитка

Сигнали від кожного із встановлених датчиків зміни вертикального положення робочих органів, датчика прольоту насінини і датчика n-coder подавалися до окремих каналів АЦП і реєструвалися на комп'ютері.

Загальний вигляд двофазної сошникової системи під час проведення лабораторних досліджень на ґрунтовому каналі представлений на (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Загальний вигляд двофазної сошникової системи на ґрунтовому каналі

Вологість ґрунту на момент проведення досліджень була приведена до 20 ± 2 %, контролювалась вологоміром FIELDSCOUT TDR 300 Soil. Перед початком досліджу ґрунт розпушували до середньої щільності 1 г/см^3 .

3.4 Методика визначення моментів інерції щілиноутворювача і вдавлюючого диска

Для вирішення диференціальних рівнянь, що описують поведінку сошникової системи, як динамічної системи, необхідно володіти її конструктивними і кінематичними параметрами. Більшість даних, таких як маса секції і її робочих органів, лінійні і кутові розміри останніх, швидкості переміщення та інші величини легко визначаються за допомогою загальноприйнятих методів. Порівняно з цим, визначення моментів інерції щілиноутворювача і вдавлюючого диска, вимагає проведення деяких експериментальних робіт, так як щілиноутворювач і вдавлюючий диск являють собою маховики, які мають складну конфігурацію і неоднорідну структуру, що не дозволяє провести розрахунки стандартним способом знаючи масу і радіус маховика. Момент інерції щілиноутворювача і вдавлюючого диска визначали за допомогою методики. Пристосування б, де в якості маховика 1 на осі 2, через підшипниковий вузол 3, спочатку був встановлений щілиноутворювач (рис. 3.9 а), потім вдавлюючий диск (рис. 3.9 б, в).

Зовнішня обойма підшипникового вузла 3 виконувала функцію шківів, на який була намотана, але не закріплена, нитка 4, до вільного кінця якої був підвішений важок 5.

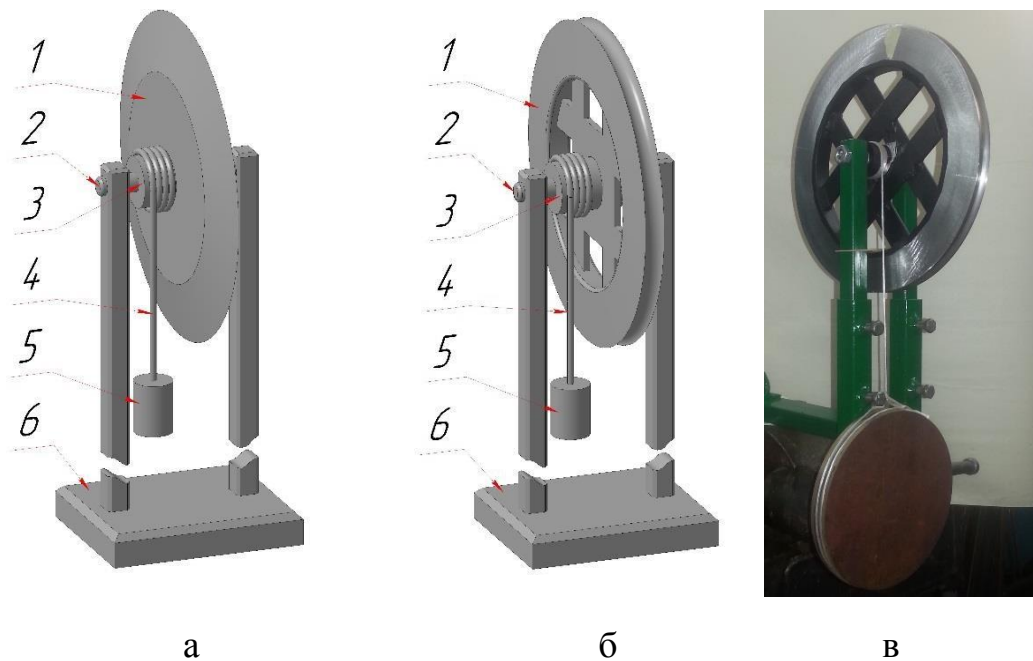


Рис. 3.9 Пристосування для визначення моменту інерції:
a – щілиноутворювача; *б, в* – вдавлюючого диска;

Важок спочатку утримують таким чином, щоб уся система перебувала у стані спокою. Потім важок відпускають, і вся система починає рухатись рівноприскорено. Важок опускається вертикально вниз здійснюючи рівноприскорений поступальний рух, а шків і махове колесо при цьому рівноприскорено обертаються. В початковий момент часу важок має певну потенціальну енергію відносно деякого нульового рівня, який доцільно обрати від точки підвісу вантажу на відстані, яка дорівнює довжині намотаної на шків нитки. Коли важок досягне нульового рівня, нитка зісковзне зі шківів, і його потенціальна енергія перетвориться в кінетичну енергію поступального руху вантажу і кінетичну енергію обертального руху махового колеса та витратиться на роботу проти сил тертя в підшипниковому вузлі. Через певну кількість обертів маховик зупиниться.

Проведення досліду починалось із вимірювання штангенциркулем діаметра шківів, який призначений для намотування нитки із закріпленням вантажем, після чого визначався радіус r . Масу вантажу m визначали зважуванням. Нитку з вантажем вільним кінцем чіпляли за виступ на шківів і обертаючи маховик

піднімали вантаж на деяку висоту h , при цьому рахували кількість обертів n_1 . Відпускали вантаж і одночасно вмикали секундомір. Слідкували за маховиком, секундомір вимикали в той момент, коли нитка вільно зісковзувала із шківа, і починали рахувати кількість обертів маховика n_2 , для цього на ньому була нанесена мітка, до повної зупинки. Виміри проводили у трьох кратній повторюваності як для щілиноутворювача, так і для вдавлюючого диска, після чого проводили розрахунок моменту інерції I за формулою:

$$I = \frac{mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right)}{1 + \frac{n_1}{n_2}}, \quad (3.1)$$

де m – маса вантажу;

r – радіус шківа;

g – прискорення вільного падіння;

t – час опускання вантажу до зісковзування нитки;

h – висота опускання вантажу до зісковзування нитки;

n_1 – кількість обертів маховика до зісковзування нитки;

n_2 – кількість обертів маховика від моменту зісковзування нитки і до повної зупинки.

Розрахунки значення моментів інерції щілиноутворювача I_1 і вдавлюючого диска I_2 склали 0,015 кг.м² і 0,038 кг.м² відповідно.

3.5 Методика визначення агротехнічних показників роботи експериментальної сошникової системи у виробничих умовах

Теоретичні та лабораторні дослідження не дозволяють оцінити процес роботи сошникової системи із урахуванням постійно змінюваних факторів, які присутні

при роботі в польових умовах. Тому, для перевірки якості роботи сошникової системи в польових умовах були проведені лабораторно-польові дослідження.

Метою лабораторно-польових досліджень було передбачено встановити можливість функціонування двофазної сошникової системи для сівби просапних культур в реальних польових умовах і проведення порівняльних показників роботи пропонованої сошникової системи із серійними. При проведенні лабораторно-польових досліджень пропоновану сошникову систему було встановлено замість серійної секції тринадцятого ряду на сівалку John Deere 7000 (рис. 11), що має шістнадцять рядків і агрегувалась із трактором John Deere 8400. Висівні апарати на всіх секціях сівалки були однакові (пневматичні, вакуумного типу, з індивідуальним електроприводом) і налаштовані на однакову норму висіву.



а

б

Рис. 3.10 Пропонована сошникова система на сівалці John Deere 7000:
а – загальний вигляд; б – кріплення

Пропонована сошникова система закріплювалась до паралелограмної підвіски сівалки, що була зафіксована нерухомо відносно бруса рами. Нагнітаючий трубопровід клапанно-розподільного механізму був з'єднаний із компресором трактора. Встановлений висівний апарат вакуумного типу із індивідуальним електроприводом і бункер для насіння, а також датчик прольоту насіння, що встановлений у нижній частині насіннепровода, були одного типу із встановленими на серійних секціях, що дало змогу висівати і контролювати необхідну норму висіву насіння по всіх рядках в межах сівалки.

Перед початком експерименту серійні сошникові секції встановлювали на задану глибину ходу сошників 5 см за допомогою регулювання опорних коліс. Глибина ходу вдавлюючого диска пропонованої сошникової системи задавалася через контролер. Вмикалася передача трактора, яка відповідала необхідній мінімальній швидкості V_1 , на якій засівалася ділянка розміром 4 га., після чого агрегат зупинявся. Аналогічно дослід проводили на швидкості V_2 і V_3 .

В процесі досліджень параметри роботи двофазної сошникової системи залишалися незмінними, за виключенням швидкості руху агрегата та глибини заробки насіння.

Всі досліді було проведено за стандартною методикою проведення повного факторного експерименту. Критеріями оптимізації прийняли: рівномірність відстаней між насіннями вздовж рядка, рівномірність глибини заробки, щільність ґрунту в зоні розміщення насіння та схожість насіння. Обробка експериментальних даних проводилася із застосуванням пакету прикладних програм «Statistica».

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ

4.1 Перевірка основних параметрів виготовленої двофазної сошничкової системи для сівби просапних культур

Відповідно до запропонованої гіпотези покращення якості сівби просапних культур передбачає застосування двофазного способу заробки насіння.

Для реалізації двофазного способу заробки насіння спроектували і виготовили двофазну сошничкову систему (рис. 3.1), послідовність процесу заробки насіння якою наступна:

- 1-ша фаза: конусний щілиноутворювач входить в ґрунт і утворює щілину зі сприятливими, для заклинювання в ній насіння, геометричними параметрами (рис. 4.1а), після чого в утворену щілину подається насіння, яке фіксується заклинюванням між стінками щілини без перекочування в повздовжньому напрямку і орієнтується по осі щілини (рис. 4.1б).

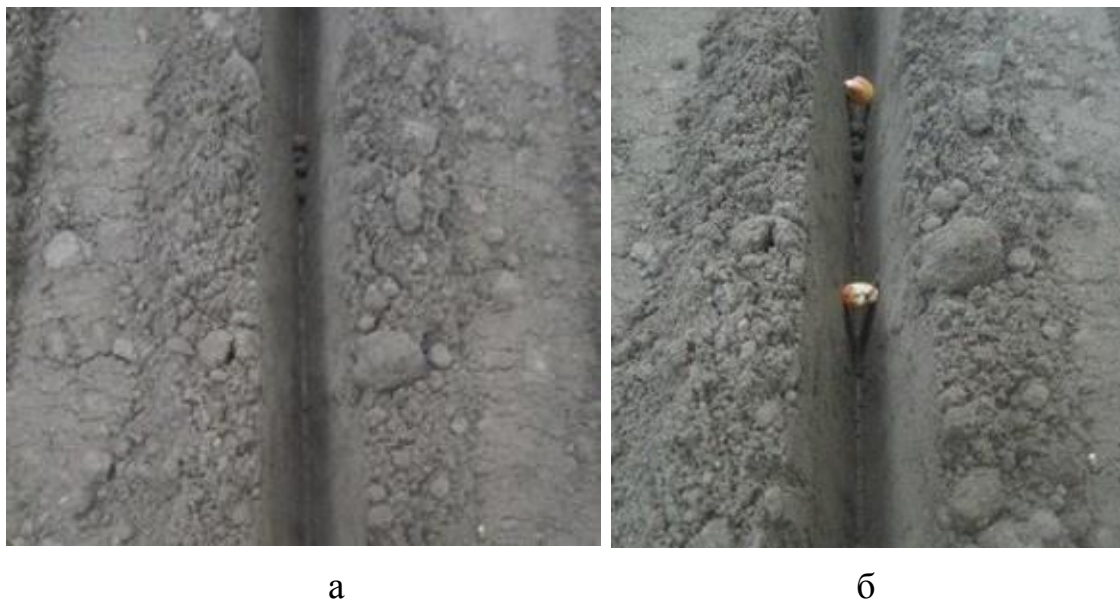


Рис. 4.1 Перша фаза реалізації двофазного способу заробки насіння:
а – щілина в ґрунті; *б* – насіння в щілині

▪ 2-га фаза: вдавлюючий диск з певними геометричними параметрами, рухається вздовж щілини, і своїми робочими кромками зрізає бокові вологі стінки ґрунту. Ґрунт при зрізанні, за рахунок форми жолоба диска переміщується вниз і накриває насіння, що знаходиться в щілині, одночасно стискається навколо нього (рис. 4.2а) після чого вдавлюючий диск переміщує насіння із ущільненим шаром ґрунту на задану глибину сівби, яка є більшою ніж глибина утвореної щілини в ґрунті. Загортання стрічки виконується традиційним способом.

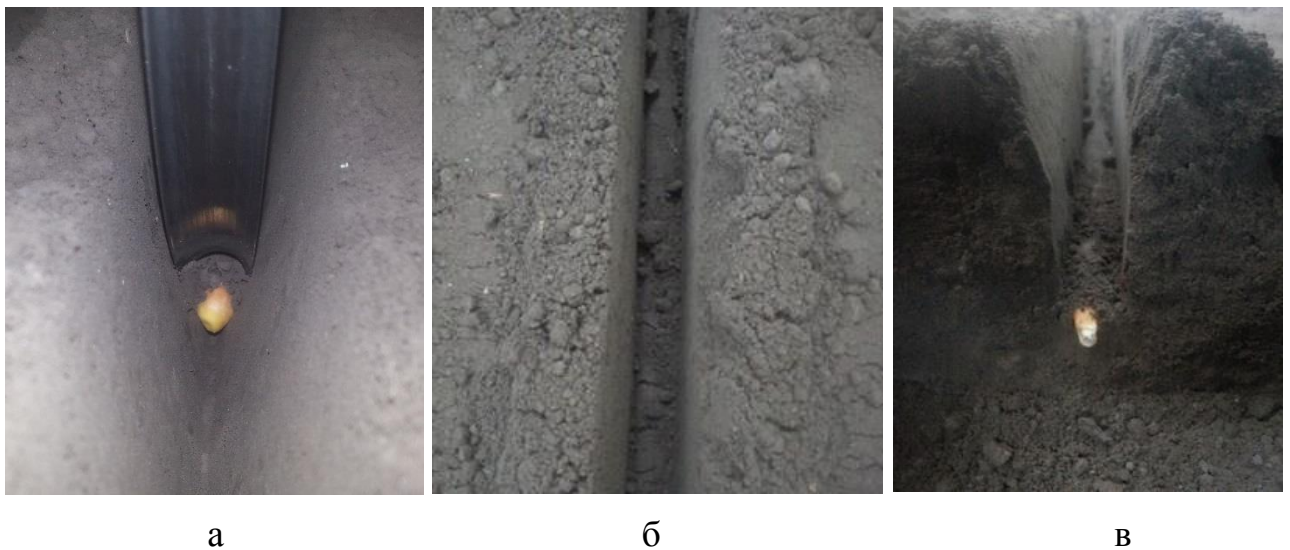


Рис. 4.2 Друга фаза реалізації двофазного способу заробки насіння: *а* – робота вдавлюючого диска; *б* – зона ущільненого ґрунту (вид зверху); *в* – зона ущільненого ґрунту (розріз)

Пропонований двофазний спосіб сівби просапних культур дозволяє забезпечити заробку насіння (рис. 4.2б,в) у вологий шар ґрунту. Навколо насінини формується ядро ущільненого і зволоженого ґрунту, а зверху можливо утворити мілкозернисту мульчовану структуру. Насіння залягає на заданій (з допустимим відхиленням) глибині незалежно від стану нерівності і твердості поверхні поля. Не порушується рівномірність розподілу насіння вздовж рядка, яку забезпечує висівний апарат та до мінімуму зводиться розкидання насіння в сторони відносно осової лінії рядка.

4.2 Дослідження характеру зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння

Для визначення просторової зміни твердості ґрунту в лабораторно-польових умовах був використаний пенетрометр FIELDSCOUT SC 900 (рис. 4.3). Під час проведення досліджень пенетрометр працював із зовнішнім модулем GPS [137], що дало змогу записувати в автоматичному режимі координати кожної точки визначення твердості. Одиниці визначеної твердості відображалися в кПа.



Рис. 4.3 Робота із пенетрометром FIELDSCOUT SC 900 в лабораторно-польових умовах

Для отримання загального уявлення просторової зміни твердості ділянки розміром 9x12м., вона умовно накривалася сіткою із квадратними гніздами, сторона яких дорівнювала 0,5м. Твердість визначалася у вершинах квадратів на глибині 0,05м. За результатами вимірювань була побудована тривимірна поверхня (рис. 4.4)

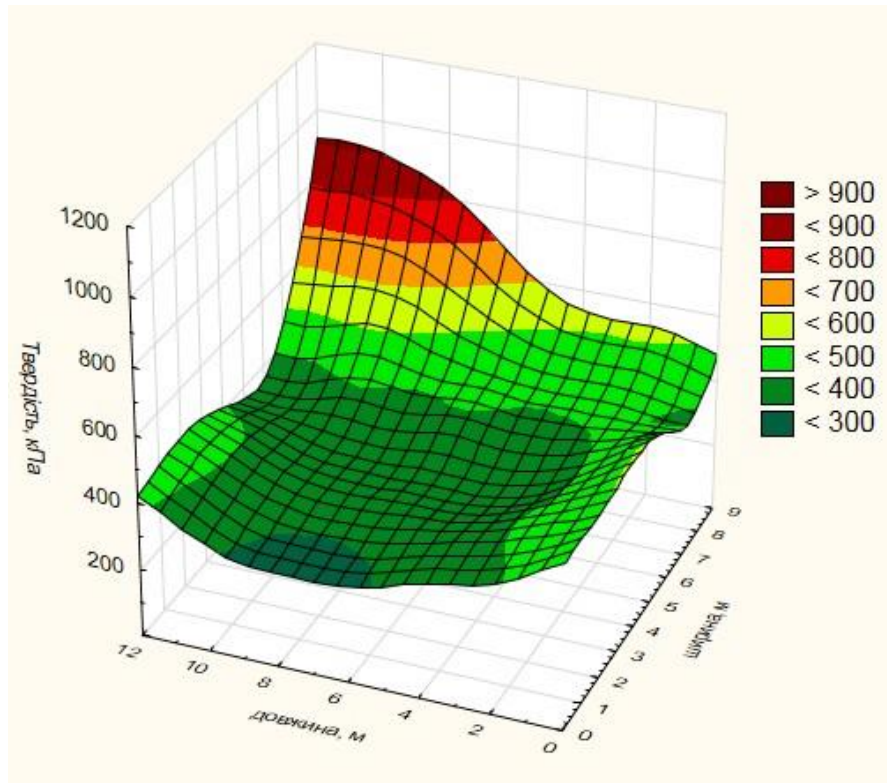


Рис. 4.4 Зображення зміни твердості ґрунту на глибині 5 см

З рисунку видно, що твердість ґрунту на даній ділянці змінюється в широких межах від 175 до 1015 кПа (близько у 6 разів).

Вимірювання твердості на ділянці із зяблевою оранкою, попередник овес, вздовж прямої лінії з кроком 0,5м (30 точок) на глибині 0,05м відображене на рис. 4.5.



Рис. 4.5 Твердість ґрунту на глибині 0,05м, кПа

Середнє значення склало $x = 214.1$ кПа а середньоквадратичне відхилення $\sigma = 68.8$ кПа.

Подібні результати було отримано на ділянці без попереднього обробітку ґрунту, попередник картопля (рис. 4.6).



Рис. 4.6 Твердість ґрунту на глибині 0,05м, кПа

Середнє значення $x = 221.7$ а середньоквадратичне відхилення $\sigma = 77.8$.

Результати досліджень твердості ґрунту по стерні жита (рис. 4.7) показують збільшення середнього значення до величини $x = 835$ порівняно із «чистим» полем після картоплі та зяблевої оранки стерні вівса, що пов'язано із наявністю розгалуженої кореневої системи рослин на глибині вимірювання.

Середньоквадратичне відхилення склало $\sigma = 109.9$ кПа.



Рис. 4.7 Твердість ґрунту на глибині 0,05м, кПа

Перевірка характеру зміни твердості по довжині гону на полі, що було підготовлене до сівби, вимагала більшої деталізації. Вимірювання були проведені вздовж залікової ділянки з інтервалом 0,1м. (при довжині залікових ділянок 5 м). Одна з них відображена на рис. 4.8.



Рис. 4.8 Твердість ґрунту на глибині 0,05м, кПа

Графік на (рис. 4.8) показує діапазон зміни твердості ґрунту в межах 100 – 1300 кПа, середнє значення $\bar{x} = 571.4$ а середньоквадратичне відхилення $\delta = 298.04$. Така просторова неоднорідність твердості ґрунту накладає додаткові умови функціонування посівного агрегату в полі, зокрема на забезпечення стабільності глибини ходу сошника, для забезпечення заданої глибини ходу якого, необхідно постійно змінювати притискне зусилля.

Аналіз спектральних щільностей наведених процесів зміни твердості ґрунту по довжині гону не виявив явно виражених піків в діапазоні частот від 0 до 0.5 Гц. Наприклад, спектральна щільність зміни твердості ґрунту на ділянці із зяблевою оранкою (попередник овес) вздовж лінії гону з кроком 0,5м має максимум на частоті 0.075 Гц з поступовим зменшенням амплітуди на більших частотах (рис. 4.9).

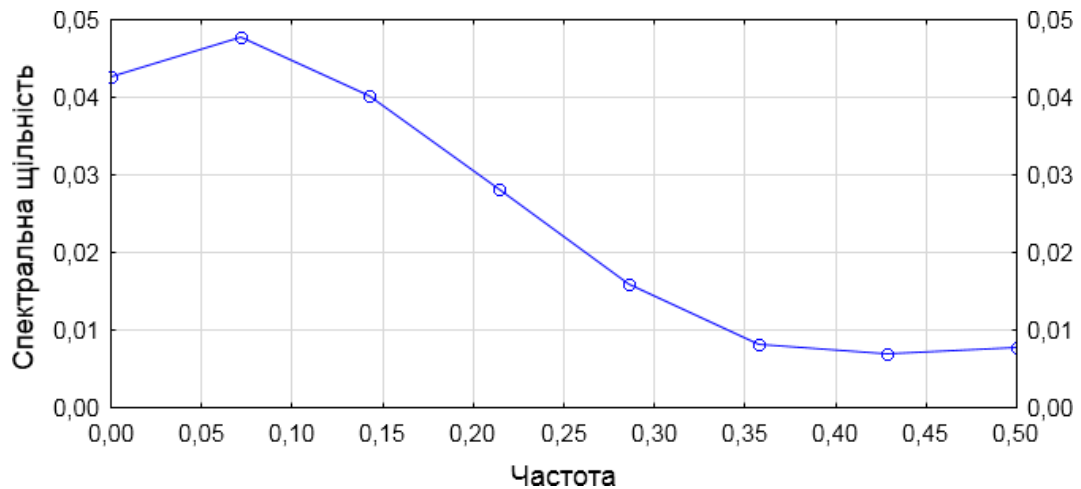


Рис. 4.9 Спектральна щільність зміни твердості ґрунту на ділянці із зяблевою оранкою (попередник овес)

Відповідно на ділянках без попереднього обробітку ґрунту (попередник картопля) та по стерні жита максимальні значення амплітуд спектральних щільностей зміщуються в бік більших частот до 0.43 Гц.

Наведені дані свідчать про те, що твердість ґрунту, підготовленого до сівби сільськогосподарських культур, змінюється в широких межах (до 1300 кПа) і не має домінуючих частот зміни вздовж лінії гону. Ці моменти треба враховувати при закладанні вихідних умов під час виконання імітаційного моделювання процесів функціонування сошникових систем сівалок.

4.3 Лабораторно-польові дослідження сошникової системи.

Для порівняння енергетичних показників роботи запропонованої та базової сошникових систем у ґрунтовому каналі було проведено порівняльну оцінку тягового опору F запропонованої сошникової системи та базового аналога John Deere 7000 (рис. 4.10).

Вимірювання проводились шляхом встановлення тензOMETричного датчика розтягу-стискання DEFY 500 «в розрив» між тяговим канатом і візком. До візка почергово закріплювали запроповану та серійну сошникові системи. Числові покази вимірювання виводилися на виносний дублюючий індикатор DPM-5-2H.

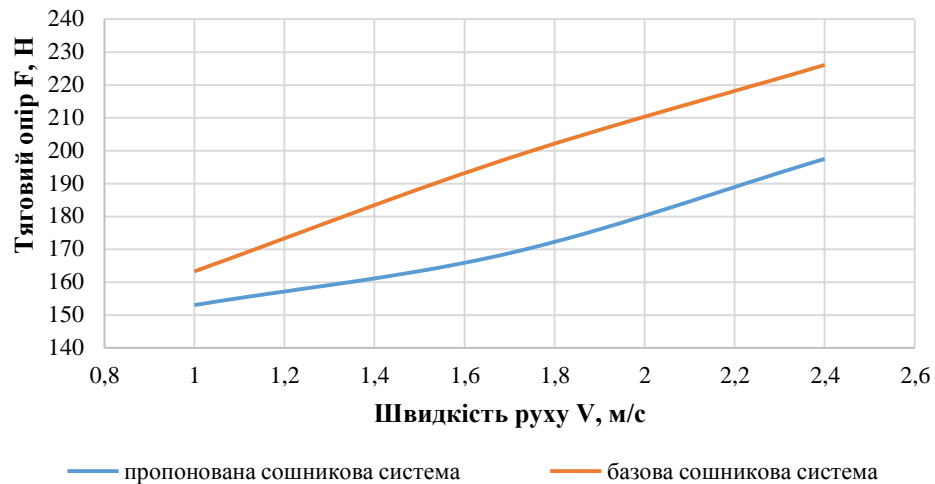


Рис. 4.10 Тяговий опір пропонованої сошникової системи та базового аналога

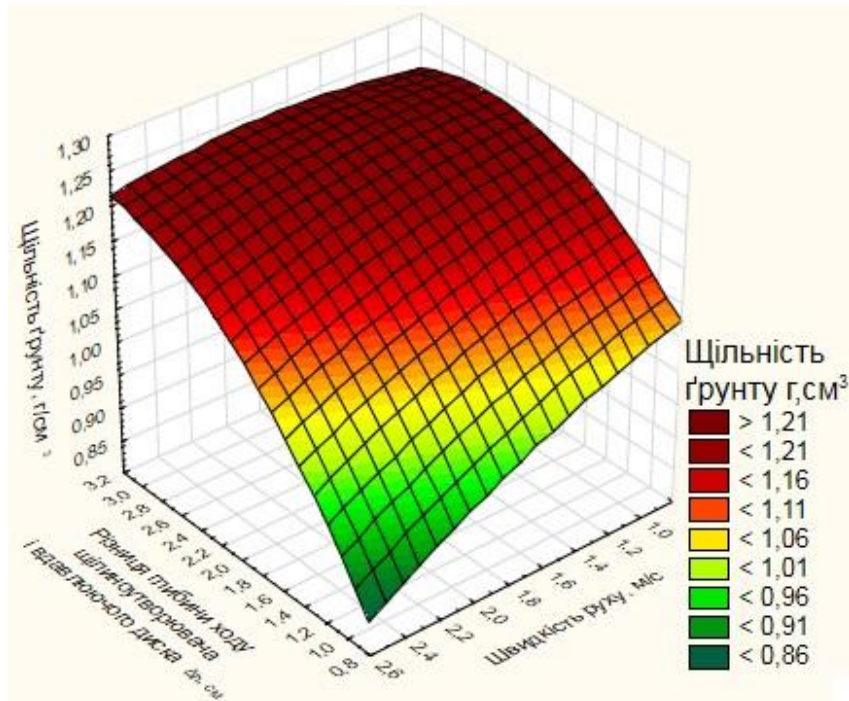
Графік на рис. 4.10 показує незначне зменшення тягового опору пропонованої сошникової системи по відношенню до базового аналога. Пояснити це можна більшою шириною борозенки, що утворює серійна сошникова система, та роботою прикочувальних коліс базової секції, які закривають борозенку.

Під час проектування експериментальної установки (рис. 3.1) її конструкція була виконана з можливістю регулювання параметрів, які мають вплив на якість проведення сівби.

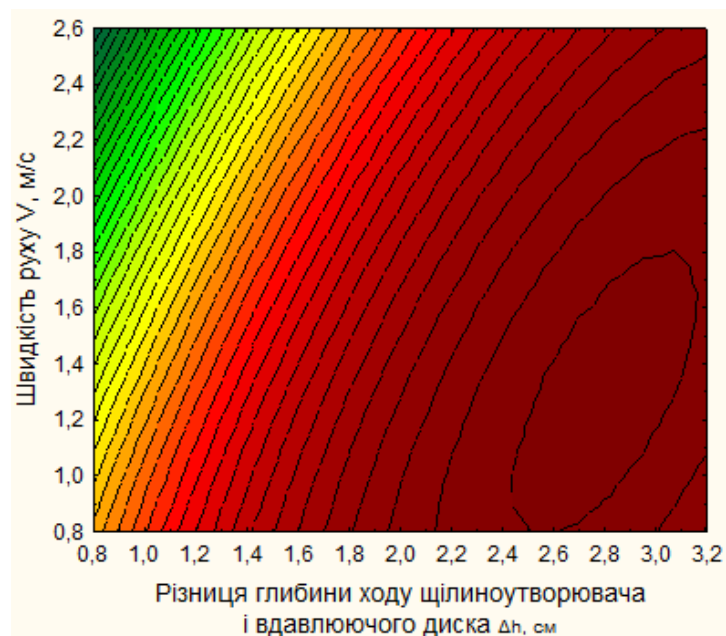
За допомогою виготовленої лабораторно-польової установки в ґрунтовому каналі визначили різницю глибини ходу Δh щілиноутворювача і вдавлюючого диска, що необхідна для утворення в зоні залягання насіння щільності ґрунту Q в межах $1,1 \dots 1,3$ г/см³. Перед початком досліду ґрунт доводили до вологості 20 ± 2 % і розпушували до середньої щільності 1 г/см³ відповідно до агрономог. Щільність, що утворювалася в зоні залягання насіння, визначали шляхом використання спеціально створеного бура об'ємом 8 см³.

Параметром оптимізації у відповідності до поставленого завдання було прийнято щільність ґрунту Q в зоні залягання насіння. Зміст даного показника – оптимальна щільність ґрунту в межах $1,1 \dots 1,3$ г/см³, що утворюється в зоні залягання насіння в результаті роботи двофазної сошникової системи.

Отримані експериментальним шляхом графіки (рис. 4.11) характеризують взаємний вплив вищевказаних факторів на критерій оптимізації. Поверхні відгуку дозволяють відмітити, що оптимальне значення щільності ґрунту досягається при значеннях: $\Delta h_{opt} = 2,802$ см., $V_{opt} = 1,29$ м/с.



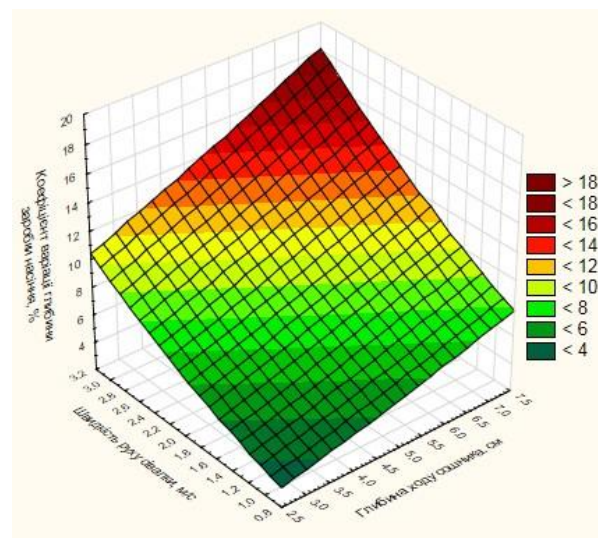
а



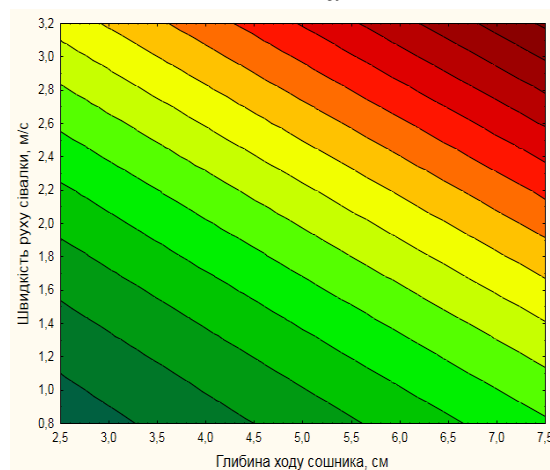
б

Рис. 4.11 Поверхня відгуку *a* та номограма *б* зміни щільності ґрунту Q в залежності від показника Δh та швидкості руху V

Для вивчення зміни коефіцієнту варіації глибини заробки насіння від впливу швидкості руху сівалки та глибини ходу сошника були проведені лабораторно-польові дослідження. Дослідження проводили за стандартною методикою під час сівби кукурудзи сорту «DEKALB 250». Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний, вологість коливалась в межах 18...22%. Глибину заробки визначали після отримання сходів методом вимірювання етильованої частини рослини. Параметром оптимізації у відповідності з поставленою задачею було прийнято коефіцієнт варіації глибини заробки насіння. В результаті реалізації матриці встановлено вплив чинників (H , V) та отримані раціональні параметри для забезпечення мінімально можливого коефіцієнту варіації.



а



б

Рис. 4.12 Поверхня відгуку *a* та номограма *б* коефіцієнту варіації глибини заробки насіння W від швидкості руху сівалки V і заданої глибини ходу сошника H .

Поверхні відгуку дозволяють відмітити, що значення коефіцієнту варіації зменшується при зменшенні глибини заробки насіння та зменшенні швидкості руху.

4.4 Порівняльні показники роботи експериментальної сошникової системи

Для порівняльної оцінки роботи двофазної сошникової системи в польових умовах визначали коефіцієнти варіації глибини заробки насіння, відстані між рослинами в рядку, польову схожість насіння та середню щільність ґрунту в зоні залягання насіння. Всі показники визначали після отримання сходів шляхом вимірювання тридцяти послідовно розміщених рослин на п'яти окремих ділянках. Порівнювали тринадцятий (двофазна сошникова система) і чотирнадцятий ряди сівалки.

Коефіцієнт варіації глибини заробки насіння (рис. 4.13) для базової сошникової системи склав 9,67% а для запропонованої – 4,49% (зменшився близько у 2,1 раз), із чого видно, що запропонована сошникова система працює із дотриманням заданої глибини заробки насіння на досить високому рівні.

Показник коефіцієнта варіації відстані між рослинами в рядку зменшився із 24,7% у базовій сошниковій системі до 8,6% у запропонованій. Різницю майже у три рази можна пояснити тим, що базова сошникова система має дводисковий сошник, після проходження якого утворюється борозенка із несприятливими, для заклинювання в ній умовами, насіння. Тобто насінина, після виходу з насіннепровода і контакту із ґрунтом може прокочуватись вздовж борозенки, або відбиватися від її дна із подальшим зміщенням. Ці процеси повністю відсутні у запропонованій сошниковій системі. До того ж запропонована сошникова система після проходження вдавлюючого диска утворює в зоні залягання насіння шнур ущільненого ґрунту, що унеможливує перерозподіл насіння по довжині рядка робочими органами, що закривають борозенку.

Дослідження щільності ґрунту в зоні залягання насіння (рис. 4.14) підтвердило запроповану гіпотезу про ідеалізовані умови заробки насіння. При цьому показник середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння зріс із 1,02 г/см³ при проведенні сівби базовою сошниковою системою до 1,18 г/см³ – запропованою.

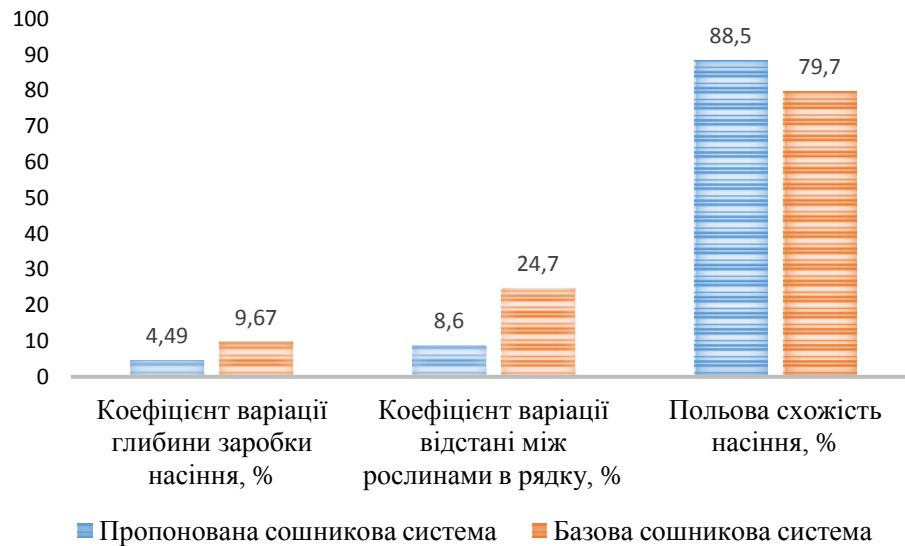


Рис. 4.13 Коефіцієнт варіації глибини заробки насіння, %; коефіцієнт варіації відстані між рослинами в рядку, %; польова схожість насіння, %

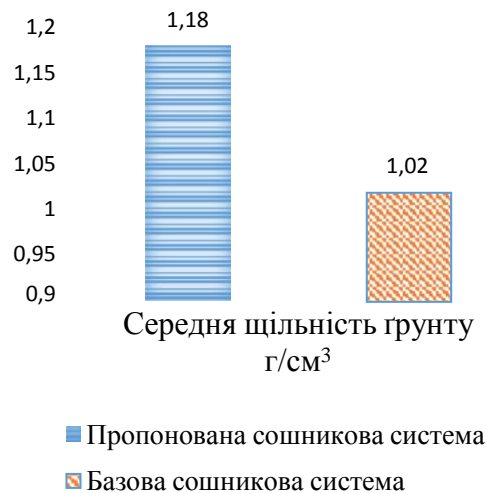


Рис. 4.14 Середня щільність ґрунту в зоні залягання насіння, г/см³

В подальшому контролювалася польова схожість насіння (рис. 4.10), яка зросла на 8,8 % при сівбі пропонованою сошниковою системою.

Підвищення показників по чотирьох основних параметрах оцінки роботи сівалки свідчить про перевагу пропонованої сошникової системи над базовою.

Висновки до розділу

1. Пропонований двофазний спосіб сівби просапних культур дозволяє забезпечити заробку насіння (рис. 4.2б,в) у вологий шар ґрунту. Навколо насінини формується ядро ущільненого і зволоженого ґрунту, а зверху можливо утворити мілкозернисту мульчовану структуру. Насіння залягає на заданій (з допустимим відхиленням) глибині незалежно від стану нерівності і твердості поверхні поля. Не порушується рівномірність розподілу насіння вздовж рядка, яку забезпечує висівний апарат та до мінімуму зводиться розкидання насіння в сторони відносно осевої лінії рядка.

2. Дослідження характеру зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння, поля, що підготовлене до сівби сільськогосподарських культур, змінюється в широких межах (до 1300 кПа) і не має домінуючих частот зміни вздовж лінії гону. Ці моменти треба враховувати при закладанні вихідних умов під час виконання імітаційного моделювання процесів функціонування сошникових систем сівалок.

3. Проведено теоретичний та практичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтом, як цілісної динамічної системи, для якої обґрунтовано взаємозв'язок функціонування щілиноутворювача і вдавлюючого диска. Визначене оптимальне значення $\Delta h_{opt}=2,802$ см різниці глибини ходу щілиноутворювача і вдавлюючого диска, яка необхідна для утворення в зоні залягання насіння щільності ґрунту в межах $1,1 \dots 1,3$ г/см³.

4. Експериментальні дослідження впливу обґрунтованих конструктивних параметрів двофазної сошникової системи на формування розподілу насіння в ґрунті показали зниження коефіцієнту варіації глибини заробки насіння в два рази (до 4,49 %), зниження коефіцієнту варіації відстані між рослинами майже в три рази (до 8,6 %), підвищення схожості насіння на 8,8 %, підвищення середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння з 1,02 до 1,18 г/см³ у порівнянні з базовою сошниковою системою.

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Впровадження результатів досліджень

За результатами проведених досліджень розроблена конструкція і виготовлений експериментальний зразок секції сівалки із двофазною сошниковою системою, який дає можливість загортати насіння в ґрунт на точно задану глибину, забезпечуючи при цьому створений висівним апаратом інтервал між насінинами в рядку. Основними робочими органами якого є диск щілиноутворювач, вдавлюючий диск та автоматизована система їх взаємної роботи (рис. 3.1, 5.1). Досліджуваний зразок секції сівалки із двофазною сошниковою системою виготовлений в проблемній науково-дослідному центрі «Поділля».



Рис. 5.1 Загальний вигляд сівалки із експериментальною секцією

З метою визначення ефективності роботи досліджуваної експериментальної секції, що була встановлена на сівалку John Deere 7000, уточнення окремих конструктивних параметрів секції в лабораторно-польових умовах та подальшої експериментальної перевірки теоретичних положень і висновків були проведені лабораторно-польові дослідження.

За результатами проведених досліджень уточнено технічну характеристику експериментальної секції сівалки.

Так продуктивність сівалки становить: основного часу – 6,80 га/год; експлуатаційного часу – 4,76 га/год; змінного часу – 33,3 га/зм., питома матеріалоємність – 547,67 кг/м.

На основі проведених досліджень було також встановлено:

- конструкція двофазної сошникової системи для просапних сівалок є працездатною;
- двофазна сошникова система забезпечую надійне виконання технологічного процесу сівби;
- аналіз статистичних даних показника глибини загорання насіння свідчить про вищу рівномірність загорання посівного матеріалу запропонованою сошникОВОЮ системою порівняно базовою.

Результати досліджень роботи передано до ПП «КВІН-МАЙСТЕР» м. Кам'янець-Подільський», де прийняті для виготовлення при розробці та вдосконаленні нових сівалок для просапних культур.

5.2 Економічна ефективність від впровадження результатів роботи

Оцінка економічної ефективності запропонованої конструкції двофазної сошникової системи для сівби просапних культур проведена за результатами експлуатаційно-технологічного дослідження їх параметрів згідно з ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24057-88, ГОСТ 24059-88 та ДСТУ 4397: 2005 та чинними нормативними документами, що відображають надійність машин, якість їх роботи, безпечність та умови праці механізаторів.

За результатами проведених досліджень виконаний розрахунок економічної ефективності сівалки із двофазною сошникОВОЮ системою у порівнянні із сівалкою John Deere 7000.

Критерієм економічного оцінювання є річний економічний ефект від експлуатації нової машини, величина якого має забезпечувати рівень ефективності інвестиційних вкладень не нижче нормативного (на етапі випробувань приймають рівним 0,2).

Показниками порівняльної економічної ефективності є річний економічний ефект, термін окупності додаткових інвестиційних вкладень у роках, річна економія ресурсів.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначали за формулою:

$$E_p = (P_6 - P_n) \cdot B_3 + E_y, \quad (5.1)$$

де P_6, P_n – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і новій машинах, грн./од. наробітку;

B_3 – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, од. наробітку;

E_y – річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Вихідні данні для економічної оцінки нової техніки наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні данні для економічної оцінки сівалки John Deere 7000

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників	
			базова	нова
1	2	3	4	5
1	Тип машини		напівнавісна	
2	Потужність трактора	к.с	200-250	
3	Кількість машин в агрегаті	шт.	1	1
4	Ширина захвату	м	11,2	11,2
5	Допоміжне обладнання		-	-
6	Робоча швидкість	км/год	10	10
7	Ціна сівалки	грн.	890000	985000
8	Продуктивність: за годину основного часу експлуатаційного часу	га/год	6,8	6,8
		га/год	4,76	4,76
9	Коефіцієнт використання експлуатаційного часу		0,61	0,61
10	Коефіцієнт використання змінного часу		0,87	0,87
11	Зональний річний обсяг наробітку	га	430,4	448,0

1	2	3	4	5
12	Маса сівалки: суха конструкційна експлуатаційна	кг кг	6250 7645	6134 7529
13	Питома матеріалоемність	кг/м	558,03	547,67
14	Питомі витрати палива	кг/га	5,2	5,2
15	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
16	Тарифна ставка	грн./га	60,55	60,55
17	Відсоток відрахувань до амортизаційного фонду	%	15	15
18	Коефіцієнт додаткової заробітної плати за якість та доплата за класність механізатору	-	-	-
19	Відсоток відрахувань до соціальних фондів	%	19	19
20	Відсоток відрахувань на ремонт: трактора сівалки зчіпки	% % %	14,9 9 -	14,9 9 -

Економія у споживача за рахунок зростання продуктивності праці на одну сівалку за годину річного наробітку:

$$E_{я} = (74,82 - 57,24) \cdot 464 = 8157,12 \text{ грн}$$

Загальна економія:

$$E_{з} = 52,67 + 8157,12 = 13424,9 \text{ грн. на одну сівалку.} \quad (5.3)$$

Річний економічний ефект у виробника на одну сівалку:

$$E_{р} = (13424,9 - 0,2(52800 - 36000 \cdot 2)) = 17264,9 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Вихідні данні для економічної оцінки від впровадження сівалки обладнаної двофазною сошніковою системою виробництва наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати розрахунку річної економії та річного економічного ефекту від впровадження обладнаної двофазною сошниковою системою

№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Значення показників	
			базова	нова
1	Зональний обсяг наробітку	год	160	160
2	Фактичний обсяг наробітку	га	110	110
4	Прямі експлуатаційні витрати: - заробітна плата з нарахуванням - витрати на ПММ - витрати на ремонт - амортизаційні відрахування	грн./га	60,55 156 21,67 32,67	60,55 156 21,67 22,51
5	Всього прямі витрати	грн/га	74,82	57,24
6	Річна економія експлуатаційних витрат на один гектар	грн./га		1300
7	Річна економія експлуатаційних витрат на річний фактичний обсяг наробітку однією сівалкою	грн.		143000

Висновки до розділу

Річний економічний ефект склав близько 1,3 тис. грн/га.

Термін окупності витрат – 0,6 року.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Вимоги безпеки праці при сівбі.

До роботи з пестицидами й агрохімікатами допускаються особи, що пройшли медичний огляд та спеціальну підготовку. До роботи з пестицидами й агрохімікатами не допускаються вагітні жінки, жінки-годувальниці, особи пенсійного віку, молодше 18 років та ті, що мають медичні протипоказання. Під час виконання робіт працівники, що працюють із пестицидами й агрохімікатами, повинні мати при собі посвідчення на право роботи з пестицидами й агрохімікатами, медичну книжку й наряд на виконання робіт і 60 пред'являти їх на вимогу представників державного нагляду та відомчого контролю. Усі роботи з пестицидами слід проводити при температурі не вище 24° С при мінімальних висхідних повітряних потоках. При похмурій погоді дозволяється проводити роботи з пестицидами при температурі не нижче +10° С. Тривалість роботи з пестицидами першого й другого класів небезпеки не повинна перевищувати 4 години із обов'язковим доопрацюванням 2 годин на операціях, не пов'язаних з застосуванням пестицидів. До роботи необхідно приступати у спецодязі, упевнившись, що він не має пошкоджень, елементів, які звисають чи не прилягають, а також у необхідних засобах індивідуального захисту, що відповідають виду виконуваних робіт. Роботи проводять тільки у засобах індивідуального захисту (ЗІЗ). До ЗІЗ повинні входити: спецодяг, спецвзуття, рукавиці, рукавички гумові, захисні окуляри, респіратори або протигази. Під час обприскування речовинами необхідно користуватись респіраторами типу Ф-62Ш, "Астра-2", "Кама". При роботі з леткими сполуками необхідно користуватися універсальними або протигазовими респіраторами типу РУ-60М або РПГ-67 із протигазовими патронами або протигазами, що фільтрують. Для захисту від хлор- і фосforoорганічних пестицидів – марки А і В, кислих парів і газів – марки В, аміаку й сірководню – марки КД. При роботі з розчинами пестицидів для захисту рук використовуйте гумові рукавички з трикотажною основою, для захисту ніг – гумові чоботи з підвищеною стійкістю до дії пестицидів і дезінфекційних засобів. Для захисту очей від попадання пестицидів використовуйте герметичні окуляри типу "Г" або захисні окуляри герметичні – ПО-2. Під час контактування з розчинами пестицидів і агрохімікатів застосовуйте спецодяг, що

виготовлений зі спеціальних тканин із просоченням, а також додаткові засоби індивідуального захисту шкірних покривів – фартухи, нарукавники з плівкових матеріалів. Під час фумігації приміщення і ручному обприскуванні ранцевими обприскувачами рослин використовуйте ізолюючі ЗІЗ шкірних покривів або спеціальний одяг із плівкових матеріалів. Не приступайте до роботи в голодному стані, у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані. Протягом зміни слідкуйте за самопочуттям. При настанні стомленості, сонливості, раптової болі залишити роботу, використайте медичні препарати з аптечки або зверніться по допомогу до присутніх осіб. Ознайомтесь із місцем для відпочинку й вживання їжі. Перевірте наявність у місці відпочинку бачка з питною водою, рукомийника і медичної аптечки. Місце відпочинку повинне знаходитись не ближче 200м від робочої зони. На ділянках, оброблених пестицидами, проводьте роботи після закінчення терміну, що гарантує безпеку робітників відповідно до нормативних документів. Під час роботи з пестицидами забороняється вживати їжу, пити і курити. Перед вживанням їжі, питтям та курінням необхідно покинути зону дії пестицидів, вимити руки та обличчя водою з милом, прополоскати рот водою. Вимоги безпеки праці перед початком роботи До початку приготування робочого розчину або сумішей перевірте відповідність препаратів їх найменуванню й призначенню. Перед початком роботи огляньте робоче місце, переконайтеся, що у робочій зоні відсутні сторонні особи, тварини, непотрібні машини й механізми, проїзди й проходи вільні, небезпечні місця (ями, колодязі тощо) огорожені, а територія не захарашена сторонніми предметами, тарою тощо. Огляньте обладнання, переконайтеся у наявності огорожень приводів і обертових частин машин і механізмів. Перевірте наявність та справність засобів механізації для приготування робочих розчинів пестицидів і заправки обприскувачів (насоси, мішалки, герметичні ємності, шланги, помпи). Переконайтеся в герметичності з'єднань магістралей у машинах, що використовуються для приготування робочих розчинів і сумішей. Через з'єднання не повинно бути просочувань рідини. На машинах, які працюють під тиском, перевірте справність манометрів. На манометрі повинна бути пломба або клеймо з датою перевірки, скло має бути цілим, на шкалі повинна бути червона риска або припаяна до корпусу металева пластинка червоного кольору, яка показує

дозволений тиск. стрілка манометра повинна повертатися в нульове положення при з'єднанні внутрішньої порожнини приладу з атмосферою. переконайтесь, що строк їх чергової перевірки не минув. Перевірте наявність і надійність контакту заземлюючого проводу електрифікованих машин і обладнання.

Вимоги безпеки праці під час виконання роботи. Приготування робочих розчинів і сумішей.

Робочі розчини готуйте на спеціальних розчинних вузлах або пунктах із використанням засобів механізації виробничих процесів і під контролем спеціалістів. На пунктах необхідно мати: апаратуру для приготування робочих розчинів, резервуари з водою, баки з герметичними кришками і пристрої для наповнення резервуарів обприскувача (насос, ежектор, шланги), вагу, дрібний інвентар, метеорологічні прилади, а також аптечку, мило, рушник, умивальник. Кількість препаратів, які знаходяться на майданчику, не повинна перевищувати норму одноденного використання. Крім тари з препаратами, на майданчику повинні знаходитися ємності з водою та гашеним вапном. Не допускайте сторонніх осіб у місця приготування робочих розчинів і сумішей пестицидів, рідких комплексних агрохімікатів і хімічних консервантів і в місця їх внесення. 63 Для приготування робочих розчинів пестицидів, агрохімікатів використовуйте пересувні агрегати або стаціонарні станції для заправки типу СЗС-10. Забороняється приготування робочих розчинів пестицидів вручну. Під час заповнення резервуарів обприскувачів знаходьтеся з навітряного боку. Не допускайте попадання пестицидів на взуття, одяг і відкриті частини тіла. При випадковому попаданні пестициду на відкриті частини тіла терміново видаліть його за допомогою ватних тампонів, а потім ці місця промийте мильною водою. Для приготування розчинів консервантів у приймальний бак (ємність) спочатку налийте воду і тільки потім додайте необхідну кількість консерванту. У протилежному випадку можливі опіки, отруєння. Забороняється проводити ремонт і регулювання апаратури при наявності в ній пестицидів. Ремонтні роботи виконуються при зупинці всіх механізмів з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту. Під час роботи механізмів не підтягуйте болтів, сальників, ущільнень, хомутів, магістралей, ланцюгів тощо. Не відкривайте люки й кришки бункерів і резервуарів, які знаходяться під тиском, не розкривайте нагнітальні клапани насосів, запобіжні й редуційні клапани, не

вигвинчуйте манометри. Не залишайте без охорони пестициди або приготвлені з них робочі розчини.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Під час роботи з пестицидами й консервантами при з'явленні тріщин у ємностях, резервуарах, трубопроводах, пошкодженні гумових шлангів, порушенні герметичності виключіть насос і двигун змішувального апарата. Розлиті на землю пестициди, консерванти обробіть хлорним вапном і перекопайте. Якщо під час роботи з пестицидами, агрохімікатами й консервантами трапилось порушення захисних властивостей засобів захисту органів дихання, терміново зупиніть обладнання, вийдіть із зони проведення хімічних робіт. При виникненні пожежі викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загорання згідно з інструкцією про заходи пожежної безпеки. Під час гасіння пожежі вилучіть із зони можливого попадання води пестициди, взаємодія з водою яких недопустима (фосфід цинку тощо), або, в крайньому разі, закрийте брезентом, засипте піском, землею. Особливих заходів дотримуйтесь під час гасіння пестицидів, що затарені в металеві бочки, барабани, каністри, які від надмірного тиску при підвищенні температури можуть вибухнути, розлитися на великі відстані. Гасіння локальних вогнищ загорання пестицидів виконуйте у протигазах із коробками, які мають фільтр. Аміачну селітру, що загорілась на складі, гасіть великою кількістю води у протигазах із коробками марки "В" і "М". Надання першої медичної допомоги Перша допомога при пораненні Для надання першої допомоги при пораненні необхідно накласти стерильний перев'язочний матеріал на рану і зав'язати її бинтом. Якщо ці засоби відсутні, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька крапель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Перша допомога при переломах, вивихах, ударах При переломах і вивихах кінцівок пошкоджену кінцівку необхідно зафіксувати шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом або підвісити за допомогою перев'язки до шиї і прибинтувати до тулуба. При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

Надання першої допомоги при опіках кислотами і лугами.

При попаданні кислоти або лугу на шкіру ушкоджені ділянки необхідно ретельно промити проточною водою на протязі 15-20 хвилин, після цього пошкоджену кислотою поверхню обмити 5%-ним розчином питної соди, а обпечену лугом - 3%-ним розчином борної кислоти або розчином оцтової кислоти. При попаданні на слизову оболонку очей кислоти або лугу необхідно очі ретельно промити проточною водою протягом 15-20 хвилин, після цього промити 2%-ним розчином питної соди, а при ураженні лугом - 2%-ним розчином борної кислоти.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом. При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом. При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну. При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря. Вимоги безпеки праці після закінчення роботи Після закінчення роботи спецодяг старанно очищають, дотримуючись правил техніки безпеки, і залишають його в спеціально відведеному місці. Брати його додому забороняється. У кожному господарстві необхідно вести суворий облік використання пестицидів для обробки рослин, вести журнал обліку. Щоденно після роботи гумові лицьові частини протигазів і респіраторів повинні бути ретельно промиті теплою водою з милом і продезинфіковані спиртом чи 5%-м розчином марганцевокислого калію, після чого їх необхідно промити чистою водою і висушити. Спецодяг необхідно очистити від пилу механічним способом і провітрити. Періодично його перуть у міру забруднення, але не раніше як через шість робочих змін. Не допускається зберігання спецодягу в житлових приміщеннях та на складах для пестицидів. При суворому дотримуванні регламентів застосування пестицидів у народному господарстві, дотриманні вимог санітарних норм і правил при роботі з ними забезпечується не тільки захист рослин від шкідників, хвороб та бур'янів, а й охорона здоров'я населення і навколишнього середовища.

6.2. Безпека праці в надзвичайних ситуаціях.

У разі виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру працівники зобов'язані діяти тверезо й спокійно, не панікувати, точно й оперативно слідувати вказівкам керівництва закладу, осіб, відповідальних за цивільний захист, протипожежну безпеку, охорону праці, а також представників аварійно-рятувальних, пожежних, медичних підрозділів. Для забезпечення оперативності оповіщення керівництва та працівників щодо виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру розроблені схеми оповіщення, які затверджені керівником установи. Схеми оповіщення зберігаються у чергового персоналу в доступному місці. Пожежа являє собою неконтрольоване горіння поза спеціальним осередком, що завдає моральних і матеріальних збитків, а іноді призводить і до загибелі людей. Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних, технічних та цілого ряду інших заходів, спрямованих на попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових витрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж. Дії у випадку пожежі У випадку виникнення пожежі дії працівників мають бути спрямовані на створення безпеки персоналу. У разі пожежі (ознак горіння) необхідно:

- негайно повідомити про це телефоном (101) пожежно-рятувальну службу, назвавши при цьому адресу об'єкта та вказавши кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей та повідомивши своє прізвище;

- організувати оповіщення працівників та відвідувачів про пожежу вжити (у разі можливості) заходів щодо евакуації людей згідно з планом евакуації, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- повідомити про пожежу керівника або відповідну компетентну посадову особу;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо);

- при наявності потерпілих надати медичну допомогу або викликати «екстерну медичну допомогу» (103); організувати зустріч підрозділів аварійно – рятувальних

служб; у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газову та ін.); виходячи з приміщення, де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення.

Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві.

Розглянувши стан охорони праці в господарстві можемо надати такі рекомендації:

- забезпечити працівників інструкціями з охорони праці відповідно до виду роботи;
- зробити належний кабінет (куточок) з охорони праці;
- оновити всі наявні матеріали з охорони праці;
- оновити засоби захисту та збільшити їх кількість;
- збільшити фінансування заходів по охороні праці;
- проводити вступний інструктаж належним чином;
- проводити перевірку знань та тренування з питань охорони праці для працівників.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено завдання покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

1. Обґрунтовано перспективний напрям вдосконалення процесу сівби шляхом застосування двофазної сошникової системи на підставі проведеного аналізу існуючих способів і технічних засобів реалізації сівби просапних культур.

2. Розроблено математичну модель функціонування двофазної сошникової системи для просапних сівалок та проведено імітаційне моделювання процесу, що дозволило визначити впливові фактори для досягнення поставленого завдання. Основними з таких факторів стали жорсткість пружини $c_U = 360 \text{ кг} / \text{см}$, коефіцієнт демпфування $d = 120 \text{ Н с} / \text{м}$, стала часу $T = 0,1 \text{ с}$, коефіцієнти затухання $\xi = 0,1$ і підсилення $K = 4,9$ модуля управління пневмоприводом.

3. Встановлено взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів сошникової системи двофазного способу заробки насіння з вимогами високоточного розподілу насіння просапних культур в ґрунті, а саме дотримання заданої глибини заробки та рівномірного розміщення насіння вздовж рядка, незалежно від місцевизначеної твердості ґрунту і стану нерівностей поверхні поля.

4. Проведено теоретичний та практичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтом, як цілісної динамічної системи, для якої обґрунтовано взаємозв'язок функціонування щілиноутворювача і вдавлюючого диска. Визначене оптимальне значення $\Delta h_{opt} = 2,802 \text{ см}$ різниці глибини ходу щілиноутворювача і вдавлюючого диска, яка необхідна для утворення в зоні залягання насіння щільності ґрунту в межах $1,1 \dots 1,3 \text{ г} / \text{см}^3$.

5. Експериментальні дослідження впливу обґрунтованих конструктивних параметрів двофазної сошникової системи на формування розподілу насіння в ґрунті показали зниження коефіцієнту варіації глибини заробки насіння в два рази (до 4,49 %), зниження коефіцієнту варіації відстані між рослинами майже в три рази

(до 8,6 %), підвищення схожості насіння на 8,8 %, підвищення середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння з 1,02 до 1,18 г/см³ у порівнянні з базовою сошніковою системою.

6. Проведено оцінку техніко-економічної ефективності використання сівалки, обладнаної двофазними сошниковими системами для сівби просапних культур згідно ДСТУ 4397:2005. Річний економічний ефект склав близько 1,3 тис. грн/га. Термін окупності витрат – 0,6 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Росамаха Ю. О. Організація механізованих операцій сівби в технологіях точного землеробства. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: II Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 16–18 жовтня 2013 року: тези доповіді. К., 2013. С. 152–153.
2. Історія інженерної діяльності: Навчальний посібник / – С.В. Подлесний, Ю.О. Єрфорт, В.М. Іскрицький. - Краматорськ: ДДМА, 2004. – 128 с.
3. В. Кравчук, А. Кушнар'єв, В. Таргоня, М. Павлишин, В. Гусар. БІОСФЕРА ТА АГРОТЕХНОЛОГІЇ: ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ. - Навчальний посібник. - Дослідницьке, - 2015. - 240 с. за редакцією В. Кравчука.
4. Каталог продукції компанії Johne Deere. URL: https://www.deere.ua/uk_UA/docs/product/equipment/seeding/d25b_series/specs/1014608_Planters_RUS.pdf (дата звернення: 21.01.2014).
5. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки/ за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Ковалю. - К.: Аграрна наука, 2004. - 396с.
6. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679с.
7. Каталог продукції компанії Gaspardo. URL: http://www.maschio.com/catalog/category/semina/uk_UA (дата звернення: 22.01.2014).
8. Каталог продукції компанії Vaderstad. URL: <https://www.vaderstad.com/ua/sivalky-tochnogo-vusivu/sivalky-tempo/> (дата звернення: 22.01.2014).
9. Каталог продукції компанії Great Plains. URL: <https://www.greatplainsint.com/uk/1503/planter-accuracy> (дата звернення: 22.01.2014).
10. Каталог продукції URL: <http://www.precisionplanting.com/#products/keeton/> (дата звернення: 08.03.2015).
11. Каталог продукції URL: <http://www.amazone.de/1265.asp> (дата звернення: 07.07.2014).
12. Каталог продукції URL: <https://www.horsch.com/en/products/seeding-technology/single-grain-seed-drills/maestro/maestro-cc/> (дата звернення: 10.07.2014).

13. URL: <https://sng.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Seyalki-tochnogo-vyseva/Kverneland-Monopill-S-Monopill-e-drive-II> (дата звернення: 10.07.2014).
14. URL: <https://www.greatplainsag.com/en> (дата звернення: 12.07.2014).
15. Посібник. Машина для обробітку ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. –Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. –288 с.
16. Сівалка точного висіву ствт-12/8м технічні особливості URL: <http://todak.com.ua/agrotechnics/tehn.html> (дата звернення: 02.08.2014).
17. URL: <https://www.monosem.com/Range/Planter-range/NC> (дата звернення: 21.01.2014).
18. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Конструктивні особливості сошникових систем сучасних сівалок та їх відповідність вимогам точного землеробства. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 241. С. 270–279.
19. Farm equipment Features - Great Plains Rolls Out New Products URL: <https://www.farm-equipment.com/articles/5024-features---great-plains-rolls-out-new-products> (дата звернення: 22.03.2014)
20. URL: <https://www.kinze.com/> (дата звернення: 05.05.2014).
21. Dealer manual. URL: <https://support.precisionplanting.com/pubs/?view=0BwSYzyFHvNvURFUwVDhHeDIYOHc> (дата звернення: 27.04.2015).
22. URL: <http://www.precisionplanting.com/#products/deltaforce/> (дата звернення: 23.04.2015).
23. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство: Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / За ред. В. П. Гудзя. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 464 с.
24. Міжнародний інформаційно-маркетинговий центр Машина і обладнання для АПК України. URL: http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/infotorg.php?categoria=%CC%E0%F8%E8%ED%E8_%E4%EB%FF_%F1%B3%E2%E1%E8_%F2%E0_%F1%E0%E4%B3%ED%ED%FF&grupa=%D1%B3%E2%E0%EB%EA%E8&pidgrupa=%D1%B3%E2%E0%EB%EA%E8%20%EF%F0%E%E%F1%E0%EF%ED%B3 (дата звернення: 11.03.2015).

25. Сучасні сівалки для висіву просапних зернових культур вітчизняного виробництва. Реальність та перспективи с. Демидов, М. Стародубцева, О. Савицька південно-українська філія укрндіпвт ім. Л. Погорілого URL: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjvgae8l5XbAhUSZ1AKHemICRoQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Ffirbis-nbuv.gov.ua%2Fcgi-bin%2Ffirbis_nbuv%2Fcgiirbis_64.exe%3FC21COM%3D2%26I21DBN%3DUJRN%26P21DBN%3DUJRN%26IMAGE_FILE_DOWNLOAD%3D1%26Image_file_name%3DPDF%2FTtar_2016_20_14.pdf&usg=AOvVaw0PWdOvXsmIdEaVjhRbST_z (дата звернення: 12.03.2015).

26. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Двофазна сошнікова система. Сучасні технології виробництва зернових культур 2016: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 12 лютого 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 100–101.

27. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Патент України на корисну модель № 93137 Україна, А01С 7/20. Щілиноутворювач для сівби сільсько-господарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № у 201401824; заявлено 24.02.2014; опубліковано 25.09.2014. Бюл. № 18.

28. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Патент України на корисну модель № 102745 Україна, А01С 7/20, А01В 63/12, А01В 49/04, А01С 5/06. Пристрій для сівби сільськогосподарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № а 201313591; заявлено 22.11.2013; опубліковано 25.11.2015. Бюл. № 22.

29. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Патент України на корисну модель № 107387 Україна, А01С 7/20. Сошнікова система для сівби сільсько-господарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № у 201507814; заявлено 06.08.2015; опубліковано 10.06.2016. Бюл. № 11.

30. Росамаха Ю. О. Сошнікова система для сівби сільськогосподарських культур. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 17–19 жовтня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 72–73.

31. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Шляхи покращення сівби просапних культур у технологіях точного землеробства. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2014. Вип. 2 (45). Т. 4. Ч. 1. С. 157–162.

32. Росамаха Ю. О. Математична модель двофазної сошникової системи для сівби просапних культур. Інноваційний розвиток аграрної сфери: II Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 19–21 березня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 39–41.

33. Кравчук В.І. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин. Монографія. - К.:НАУ. 2005.-208с

34. Аніскевич Леонид, Росамаха Юрий. Анализ функционирования двухфазной сошниковой системы для посева пропашных культур. MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. 2015. Vol. 17. No 3. P. 46–55.

35. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Аналіз процесу роботи автоматизованої системи керування двофазної сошникової системи. Інноваційний розвиток аграрної сфери: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 березня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 99–101.

36. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Структура навігаційного комплексу безпілотної польової машини. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 251. С. 31–43.

37. Васильев В.В., Симаков Л.А., Рыбникова А.М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK: Учебное пособие для студентов и аспирантов Киев: НАН Украины, 2008. 91 с.

38. Kalman, R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems. Journal of Basic Engineering 82 (1): pp. 35-45, 1960

39. Soil Compaction Meter. Product manual. URL: <http://www.specmeters.com/assets/1/22/6110FS-SC900.pdf> (дата звернення: 10.02.2015).

40. Soil Moisture Meter. Product manual. URL: [https://www.specmeters.com/assets/1/22/6430TDR300_\(web\).pdf](https://www.specmeters.com/assets/1/22/6430TDR300_(web).pdf) (дата звернення: 10.02.2015).

41. PogoStick and Research Pogo App Operator's Guide. URL: <https://cloud.precisionplanting.com/pubs/?view=0BwSYzyFHvNvUOWFZNE5tVEd6MVK> (дата звернення: 03.05.2017).
42. Файловий архів студентів. URL: <https://studfiles.net/preview/5372919/>
43. Кравчук В. І., Хайліс Г. А., Кушнар'ов А. С., Налобіна О. О., Сербій Є. К., Гусар В. Г. Дослідження сільськогосподарської техніки. Практикум науковцю. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2016.-328с.
44. Хайліс Г. Обробка експериментальних даних дослідження та їх аналіз // Техніка АПК. – 2007. – С. 15 – 18.
45. Інструкція користувача. URL: <http://garmin.ua/manuals/> (дата звернення: 18.03.2015).
46. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Характер зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння. Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. 2017. Вип. 21.
47. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Дослідження характеру зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння. Сучасні технології аграрного виробництва: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 57–58.
48. Чернілевський М.С., Білявський Ю.А., Кропивницький Р.Б., Ворона Л.І. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту. - Навчальний посібник.- вид. 2-ге, допов. - Житомир: "Житомирський національний агроекологічний університет", 2012. - 84с.
49. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування: ДСТУ 4397:2005.– [Чинний від 2005–04–28].– К.: Держспоживстандарт України, 2005.– 16 с.– (Національний стандарт України).
50. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ, 2025. - 52с.

ДОДАТОК А



Міністерство освіти і науки України
Ministry of Education and Science of Ukraine
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Higher Educational Institution «Podillia State University»



Інженерно-технічний факультет
Faculty of Engineering and Technology

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін
Department of Technical Service and General Technical Subjects

Варшавський університет природничих наук
Warsaw University of Life Sciences

Університет прикладних наук у Тарнові
University of Applied Sciences in Tarnow

Краківський сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонтая
University of Agriculture in Krakow

Державна академія прикладних наук у Хелмі
State Academy of Applied Sciences in Chełm

Міжнародна академія прикладних наук в Ломжі
International Academy of Applied Sciences in Łomża

Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of the
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Вінницький національний аграрний університет
Vinnytsia National Agrarian University

**«Сучасні технології та технічний сервіс:
виклики і можливості»**

**«Modern Technologies and Technical Service:
Challenges and Opportunities»**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
CONFERENCE PROCEEDINGS**

**I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
1st International Scientific and Practical Internet Conference**



16 жовтня 2025 року
October 16, 2025

м. Кам'янець-Подільський
Kamianets-Podilskyi

УДК 62:001.891(063)
С78

Рекомендовано до опублікування вченою радою Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (протокол № 12 від 31 жовтня 2025 року)

РЕЦЕНЗЕНТИ:

БАБІЙ Андрій, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ТКАЧ Олег, д-р с.-г. наук, канд. техн. наук, професор, професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ІВАНОВСЬКА Алла Миколаївна – в.о. ректора Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор юридичних наук, професор

РАРИЦЬКА Вікторія Борисівна – перший проректор Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат юридичних наук

ЯСИНЕЦЬКА Ірина Анатоліївна – проректор з навчальної, науково-інноваційної та міжнародної діяльності Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор економічних наук, професор

BORUSIEWICZ Andrzej – проректор з наукової роботи та розвитку Міжнародної академії прикладних наук в Ломжі, доктор технічних наук, професор

PENKALA Piotr – директор Інституту технічних наук та авіації Державної академії прикладних наук у Хелмі, доктор з інженерії, доцент

SHARLOVYCH Zoia – продекан з міжнародної співпраці Міжнародної академії прикладних наук в Ломжі, кандидат педагогічних наук

STEFANOWICZ-KOCOL Anna – декан гуманітарного факультету, керівник міжнародного офісу університету прикладних наук у Тарнові, доктор філософії

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович – завідувач кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент

БОНЧИК Віталій Семенович – асистент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент

БОРАК Костянтин Вікторович – професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету, заступник директора з навчальної роботи Житомирського агротехнічного фахового коледжу, доктор технічних наук, професор

БОРКОВСЬКА Валентина Вікторівна – начальник відділу міжнародного співробітництва, практики та академічної мобільності Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

ЗАГНІТКО Лариса Анатоліївна – завідувач науково-дослідної частини Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат економічних наук, доцент

КОМАРНИЦЬКИЙ Сергій Петрович – відповідальний з наукової та міжнародної діяльності інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК, кандидат технічних наук, доцент

ОЛЕНЮК Олександр Анатолійович – доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент

ПАНЦИР Юрій Іванович – декан інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент

ЯРОПУД Віталій Миколайович – декан інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету, доктор технічних наук, доцент

С 78Сучасні технології та технічний сервіс: виклики і можливості: збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Кам'янець-Подільський, 16 жовтня 2025 року). Кам'янець-Подільський: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2025. 290 с.

(Проведення конференції зареєстровано в Державній науковій установі «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», посвідчення № 607 від 08 вересня 2025 р.)

Збірник містить наукові доповіді I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Кам'янець-Подільський, 16 жовтня 2025 року), питання новаторських стратегій розвитку технічного сервісу машин, ремонту і надійності машин, енергетики, енергетичних засобів та автоматизації, відновлювальної енергетики та теплоенергетики.

За зміст публікацій, достовірність інформації, цитат, покликань на літературні джерела відповідальність несуть автори.

ЗМІСТ
СЕКЦІЯ 1

НОВАТОРСЬКІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН
INNOVATIVE STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL
SERVICE FOR MACHINES

БЛЯНСЬКИЙ Дмитро, ДУГАНЕЦЬ Василь, CHOLUJ Marcin СЬОГОДЕННЯ ШВИДКОГО СТВОРЕННЯ НОВІТНЬОЇ ТЕХНІКИ	10
ВЛІНСЬКИЙ Назар, ВОЛИНКІН Микола ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТРАКТОРІВ ТА АВТОМОБІЛІВ	14
ГОВОРОВ Олександр, ДУГАНЕЦЬ Віктор ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ ЯК ДОБАВКИ ДО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО: ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ	17
ГУНЬКА Ростислав, ГОВОРОВ Олександр, LONKWIC Pawel ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ВІДДАЛЕНОЇ ДІАГНОСТИКИ	20
ДИКИЙ Андрій, ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій, CHOLUJ Marcin СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН	23
ДУГАНЕЦЬ Роман, ПАНЦИР Юрій РОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ В УКРАЇНІ ТА НА МІЖНАРОДНІЙ АРЕНІ	27
КОЛОМІЙЧЕНКО Андрій, МЕЛЬНИК Віталій ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	31
КУЛИКІВСЬКИЙ Володимир, БОРОВСЬКИЙ Віктор ПРОГРАМНО-ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ	35
ПАРФЕНЮК Євген, ТИМОЩУК Михайло, СИРОЇД Євгеній ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ	38
ФІЛЕНКО Валентин, ДУГАНЕЦЬ Віктор ОСНОВНІ КОМПОНЕНТИ ПРОФЕСІЙНОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНОГО ВИКЛАДАЧА АГРАРНО-ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ	43

СЕКЦІЯ 1

НОВАТОРСЬКІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН INNOVATIVE STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL SERVICE FOR MACHINES

Дмитро БІЛЯНСЬКИЙ

здобувач вищої освіти 2 курсу ОС «Магістр»
спеціальності 208 «Агроінженерія».

Marcin CHOLUJ

магістр інженерії Державної академії прикладних наук у Хелмі

Науковий керівник:

Василь ДУГАНЕЦЬ

канд. техн. Наук, доцент

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

СЬОГОДЕННЯ ШВИДКОГО СТВОРЕННЯ НОВІТНЬОЇ ТЕХНІКИ

У сучасному світі техніка та технології розвиваються надзвичайно швидкими темпами. Цей процес охоплює всі сфери життєдіяльності людини: від побуту й освіти до промисловості, аграрного сектору та медицини. Постійне вдосконалення обладнання та скорочення життєвого циклу технічних засобів створюють як нові можливості для розвитку суспільства, так і низку проблем, що потребують наукового осмислення та практичного вирішення.

Якщо вести мову про науково-технічний прогрес, то слід зазначити, що розвиток інформаційних технологій, наноматеріалів, біотехнологій і штучного інтелекту стимулює постійне вдосконалення технічних систем.

Розвиток науково-технічного прогресу сприяє появі нових рішень у галузі техніки, технології, організації виробництва та економічних методів управління. Це спричиняє розвиток інноваційних процесів у виробництві. *Інноваційні процеси є*

сукупністю якісно нових, прогресивних змін, що відбуваються у виробничо-господарській системі. Результатом інноваційних процесів є *новинки* в техніці, організації виробництва і праці, управління, а їх впровадження в господарську практику є *нововведеннями*.

В чому полягають передумови та причини швидкого оновлення техніки.

Насамперед це є конкуренція на глобальному ринку. Виробники прагнуть забезпечити лідерство, пропонуючи продукцію з вищими та якіснішими показниками.

По друге, суспільство потребує інновацій для покращення якості життя, автоматизації процесів і забезпечення екологічної безпеки. І відповідно світові стандарти щодо енергоефективності та скорочення шкідливих викидів змушують виробників оперативно впроваджувати нові технології.

Разом із швидким розвитком створення новітньої техніки з'являються і проблеми, а саме фінансові витрати, так як постійна модернізація вимагає значних інвестицій у виробництво та навчання персоналу. Далі настає проблема утилізації. Зростає кількість електронних відходів, що створює екологічне навантаження.

Також при створенні новітньої техніки виникає необхідність підвищення кваліфікації працівників, які повинні постійно удосконалювати свої навички.

Тут же створюється і технологічна залежність, оскільки країни, які не встигають за темпами оновлення техніки або технічних засобів, опиняються у стані споживачів продукції, а не виробників новітньої техніки і технологій.

Не зосереджуючись на проблеми, які виникають паралельно із швидким темпом оновлення техніки, мають місце переваги та можливості виробництва, які забезпечать підвищення продуктивності та конкурентоспроможності; покращення умов праці та рівня життя населення; розвиток нових галузей економіки та створення нових робочих місць. Разом з тим це буде сприяти сталому розвитку за рахунок екологічно безпечних технологій.

Якщо розглядати специфіку інноваційного процесу новітньої техніки, то вона полягає в тому, що з розробленням інновації увага поступово переміщується від сфери досліджень до сфери збуту, що має не маловажне значення. Водночас

елементи інноваційного процесу перебувають у тісній взаємодії, постійно обмінюючись інформацією.

Спрощено модель інноваційного процесу можна подати як кілька послідовних етапів: наука – техніка – виробництво.

Саме на рисунку 1 представлена послідовність та взаємозалежність стадій інноваційного процесу на підприємстві, яке займається виробництвом або виготовленням тієї чи іншої техніки для народного господарства [5].



Рис. 1. Схема етапів інноваційного процесу підприємства

Якщо розглядати представлену схему, то слід зауважити, що для того аби задовільнити потреби суспільства, необхідно в повній мірі проводити широкоформатні дослідження можливості розробки, які б сприяли формуванню концепцій, що в подальшому увійдуть в проектно-конструкторські розробки, а згодом в експериментальні дослідження. Саме виконання експериментальних досліджень дозволить проаналізувати потенційні ринки і провести пробний маркетинг технічної продукції і нарешті з доопрацюванням запуснути у серійне виробництво. В процесі виробництва і експлуатації розглядаються недоліки і

одночасно розглядаються покращення (новації) виробництва, що сприяє швидким темпам оновлення техніки, А це в свою чергу задовольняє потреби суспільства.

Отже, швидкі темпи оновлення техніки є визначальною рисою сучасного етапу науково-технічного прогресу. Вони створюють умови для економічного зростання та інноваційного розвитку, проте вимагають відповідального підходу до використання ресурсів, підготовки фахівців та впровадження систем утилізації техніки. Перспективним напрямом є формування моделі сталого технологічного розвитку, де інновації поєднуються з екологічною безпекою та соціальною відповідальністю.

Список використаних джерел

1. Белл, Д. Соціальні рамки інформаційного суспільства. Київ : Академія, 2004. 320 с.
2. Гальчинський, А. С. Сучасні технології і глобальна економіка. Київ: Либідь, 2019. 412 с.
3. Кастельс, М. Інформаційна ера: економіка, суспільство і культура. Київ: Ваклер, 2000. 608 с.
4. Маркова, О. І. Інноваційний розвиток технічних систем: виклики XXI століття // Економіка та держава. 2022. - № 5. – С. 45–49.
5. Електроний навчальний посібник з дисципліни «Економіка та організація інноваційної діяльності» https://elib.tsatu.edu.ua/dep/feb/ptbd_1/page30.html
6. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution. – Geneva: World Economic Forum, 2016. 192 p.
7. OECD. Innovation and Technology Policy. – Paris: OECD Publishing, 2021. 250 p.



Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Higher Educational Institution «Podillia State University»



СЕРТИФІКАТ

Certificate of Conference Participation

Засвідчує, що / This is to certify that

Дмитро Білянський

Взяв(ла) участь / Has participated in the
I Міжнародна науково-практична інтернет-конференція
1st International Scientific and Practical Internet Conference

«Сучасні технології та технічний сервіс: виклики і можливості»
«Modern Technologies and Technical Service: Challenges and Opportunities»

яка відбулася / Held on
16 жовтня 2025 року / October 16, 2025
м. Кам'янець-Подільський / Kamianets-Podilskyi

В.о. ректора
Acting Rector

Алла ІВАНОВСЬКА
Alla IVANOVSKA

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ПДУ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

ХІХ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.



*Кам'янець-Подільський
2025*

УДК 378, 147

П26

Конференція зареєстрована в ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»
(посвідчення №657 від 02 грудня 2024 року)

Рекомендовано до опублікування вченою радою Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
(протокол № 6 від 29 травня 2025 року)

Рецензенти:

Анатолій ТРИГУБА – доктор технічних наук, професор, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Павло ПОПОВИЧ – доктор технічних наук, професор, Західноукраїнський національний університет;

Олег ТКАЧ – доктор сільськогосподарських наук, професор, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет».

Редакційна колегія:

ІВАНОВСЬКА Алла Миколаївна – в.о. ректора Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор юридичних наук, професор;

ЯСЕНЕЦЬКА Ірина Анатоліївна – проректор з навчальної, науково-інноваційної та міжнародної діяльності Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор економічних наук, професор;

ЗАГІТКО Лариса Анатоліївна – завідувач науково-дослідної частини Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат економічних наук, доцент;

ТКАЧУК Вадим Анатолійович – ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор економічних наук, відмінник аграрної освіти України, заслужений працівник освіти України;

Парубчак Іван Орестович – в.о. ректора Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, доктор наук з державного управління, професор;

ІЩЕНКО Тетяна Дем'яніана – директор Державної установи «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти» Міністерства освіти і науки України, кандидат педагогічних наук, професор;

ПАНЦИРЬ Юрій Іванович – декан інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент;

БРАТІШКО В'ячеслав В'ячеславович – декан механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор технічних наук, професор;

РУЖИЛО Зіновій Володимирович – декан факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат технічних наук, доцент;

КОВАЛИШИН Степан Йосипович – декан факультету механіки і енергетики Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, кандидат технічних наук, професор;

ЗАГОРОДНИЙ Михайло Васильович – заступник директора з питань регіонального розвитку товариства з обмеженою відповідальністю «Компанія ЛАН»;

ПАПАШЕВ Костянтин Олександрович – керівник товариства з обмеженою відповідальністю «БОСАП УКРАЇНА»;

КОМАРНІЦЬКИЙ Сергій Петрович – відповідальний з наукової та міжнародної діяльності інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент;

ДУГАНЕЦЬ Віктор Іванович – завідувач кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор педагогічних наук, професор;

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович – завідувач кафедри технічного сервісу та загальнотехнічних дисциплін інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», кандидат технічних наук, доцент;

РУДЬ Анатолій Володимирович – завідувач кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самовиша інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор філософії в галузі технічних наук, доцент, Заслужений працівник освіти України;

ШЕЛХІДЧЕНКО Леся Сергіївна – завідувач кафедри транспортних технологій та засобів АПК інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор технічних наук, професор.

Перші наукові кроки – 2025: збірник наукових праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (17 квітня 2025 р., м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2025. – 266 с.

Збірник містить наукові доповіді XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перші наукові кроки – 2025» (м. Кам'янець-Подільський, 17 квітня 2025 р.), які пов'язані з агроінженерією; агрономією; транспортними технологіями; автомобільним транспортом; інженерною механікою; електроенергетикою, енергетикою та електротехнічними системами в АПК; ветеринарною медициною і технологіями у тваринництві; харчовими технологіями.

Відповідальність за зміст і достовірність публікацій несуть автори наукових доповідей. Точки зору авторів публікацій можуть не співпадати з точкою зору редколегії збірника.

УДК 378,147

© Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2025

© Колектив авторів, 2025

ЗМІСТ

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

AGRO ENGINEERING

Авдєєв В. М. ВПЛИВ СПРАЦЮВАННЯ ЛАП НА ЯКІСТЬ ОБРОБІТКУ ПРИ КУЛЬТИВАЦІЇ.....	12
Адамчук О. М. КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРУЮЧИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН.....	13
Адамчук О. М., КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРАТОРІВ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ ПРОСІВАЮЧОГО ТИПУ.....	14
Баліцький С. С. ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ.....	15
Білянський Д. Ю. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВИСІВНИХ СЕКЦІЙ СІВАЛОК ФІРМИ JOHN DEERE ДЛЯ СІВБИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР.....	26
Бойко В. Ю. КОМБІНОВАНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....	17
Василевський Т. В. МОДЕРНІЗОВАНА ЗЕРНОВА СІВАЛКА.....	18
Величко В. І. МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ШКІВІВ КЛИНОПАСОВИХ ПЕРЕДАЧ.....	19
Веренчанський А. А. РОЗУЩІЛЬНЮВАЧ ГРУНТУ.....	20
Весельський І. В. ПЕРЕОБЛАДНАНИЙ КОМБАЙН.....	21
Воробель І.Б. УДОСКОНАЛЕННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ.....	22
Гаврилюк М. А. КЛАСИФІКАЦІЯ СЕПАРУЮЧИХ ГРОК.....	24
Гаврюшенко Д. В., РОБОЧІ ОРГАНИ МАШИНИ КОНТАКТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ.....	25
Герасимович Б. Л. УДОСКОНАЛЕНИЙ ШТАНГОВИЙ ОБПРИСКУВАЧ.....	26
Грендора Б. В. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ І ЗМІШУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	27
Гриценюк Б. В. ВПЛИВ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА НА ШВИДКІСТЬ РУХУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ V-КЛАСУ.....	28
Гусар П. П. УДОСКОНАЛЕННЯ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	29
Дикий А. В. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ.....	30
Дідик Д. О. ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ВЕЛИКИХ РІЗЬБ.....	31
Долинко О. О. РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ.....	32

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВИСІВНИХ СЕКЦІЙ СІВАЛОК ФІРМИ JOHN DEERE ДЛЯ СІВБИ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Білянський Д. Ю., здобувач магістратури, спеціальність
208 «Агроінженерія»

Керівник к.т.н., доцент Дуганець В. І.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»



Конструкції висівних секцій сівалок для просапних культур John Deere мають кілька важливих особливостей, які забезпечують точність і ефективність сівби. Сівалки John Deere для просапних культур оснащені технологією точного висіву, що забезпечує рівномірний розподіл насіння по площі та точну глибину висіву. Це дозволяє значно покращити схожість і врожайність культур. Однією із особливостей є використання системи висіву на основі електроніки. Електронні системи контролю дозволяють точно регулювати кількість насіння на одиницю площі та оптимізувати процес сівби залежно від умов на полі. Наприклад, система *Exact Emerge* дозволяє досягти швидкості сівби до 16 км/год без втрат точності.

Універсальність висівних секцій полягає в тому, що вони можуть бути оснащені різними типами робочих органів в залежності від типу ґрунту та культури. Наприклад, сівалки для кукурудзи, сої чи соняшнику мають різні налаштування для забезпечення кращого контакту насіння з ґрунтом. Для прикладу можна розглянути висівну секцію Pro-Series XP від John Deere (рис. 1). На сьогодні дискові сошники, що використовуються в таких секціях є менш вибагливими до якості підготовки площі, краще працюють на перезволожених та переущільнених ґрунтах. Такий сошник дає можливість наблизити міжосьову відстань центрів обертання опорних коліс до центрів обертання дисків, що позитивно впливає на глибину ходу. Для забезпечення довантаження секцій «класичні» пружини ступінчастого регулювання притискного зусилля замінюють пневмо-, або гідроциліндрами. Для загортання борозни застосовують котки, які ущільнюють ґрунт навколо насіння [1]. Регулювання глибини сівби здійснюється автоматично або вручну, що дозволяє працювати в різних умовах і під різний тип ґрунту. Сівалки John Deere оснащені спеціальними висівними дисками, які здатні забезпечити рівномірний розподіл насіння, знижуючи ризик злипання насіння в рядках. Це забезпечує високу ефективність сівби навіть за високих швидкостей роботи.



Рис. 1. Висівна секція Pro-Series XP від John Deere

Для деяких моделей передбачене підживлення насіння перед сівбою, що дозволяє стимулювати проростання та зростання культур. Всі робочі елементи мають підвищену зносостійкість. Це дозволяє зменшити витрати на обслуговування та ремонти, що важливо для великих площ посіву. Гнучкість налаштування дозволяє оптимізувати планування посіву в залежності від умов та вимог конкретної культури. Ці особливості висівних секцій, а в цілому сівалок John Deere забезпечують високу продуктивність та ефективність сівби, що є важливим для отримання високих врожаїв просапних культур.

Список використаних джерел

1. В. Кравчук, А. Кушнар'ов, В. Таргоня, М. Павлишин, В. Гусар. Біосфера та агротехнології: інженерні рішення. Навчальний посібник. – Дослідницьке, 2015. – 240 с. За редакцією В. Кравчука.
2. Каталог продукції компанії John Deere. URL: https://www.deere.ua/tk_UA/docs/product/equipment/seedling/d25b_series/specs/10146_08_Planters_RUS.pdf