

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування параметрів різального апарату для
збирання сої**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГІз-1-24
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Престинський Іван Олексійович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

"___" _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Престинському Івану Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтуванням параметрів різального апарату для збирання сої

керівник роботи: Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» жовтня 2025 року № 3205

2. Строк подання студентом роботи: 8.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Агротехнічні вимоги до процесу збирання сої.

3.2. Підвищення продуктивності зернозбирального комбайна при збиранні сої та зменшення втрат на 5...7%.

3.3. Термін окупності вдосконаленої машини не більше 5 років.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: 1. Аналіз механізації збирання сої та досліджень по вдосконаленню різальних апаратів. 2. Теоретичні дослідження вдосконаленого різального апарату. 3. Програма та методика експериментальних досліджень. Прилади та обладнання. 4. Результати досліджень та їх аналіз. 5. Охорона праці. 6. Економічна ефективність впровадження. 7. Загальні висновки та пропозиції

5. Перелік демонстраційного матеріалу:

1. Тема, мета та задачі роботи.
2. Аналіз існуючих технічних засобів для збирання сої.
3. Теоретичне обґрунтування параметрів різального апарату.
4. Програма, методика досліджень. Прилади та обладнання.
5. Результати досліджень.
6. Аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень.
7. Охорона праці.
8. Техніко-економічні показники впровадження.
9. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Кобець О.М., доцент		
2	Кобець О.М., доцент		
3	Кобець О.М., доцент		
4	Кобець О.М., доцент		
5	Кобець О.М., доцент		
6	Кобець О.М., доцент		
<u>НОРМОКОНТРОЛЬ</u>	<u>Лепеть Є.І.</u> , асистент		

7. Дата видачі завдання: 2.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 15.10.2025 р.	
2	Теоретичний	до 30.10.2025 р.	
3	Експериментальний	до 10.11.2025 р.	
4	Охорона праці	до 15.11.2025 р.	
5	Економічний	до 20.11.2025 р.	
6	Демонстраційна частина	до 30.11.2025 р.	

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Престинський Іван Олексійович. Обґрунтування параметрів різального апарату для збирання сої.

Випускна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 - Агроінженерія – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2025.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 97 сторінок машинописного тексту та 13 слайдів демонстраційної частини.

Розділи пояснювальної записки містять аналіз стану механізації збирання сої, огляд особливостей вирощування та агротехнічні вимоги до збирання сої. Проведено аналіз існуючих конструкцій технічних засобів для збирання сої. Обґрунтовано конструктивну схему та основні геометричні і кінематичні параметри різального апарату для збирання сої. Виконано необхідні теоретичні розрахунки, розроблено програму і методичку експериментальних досліджень. Проведено дослідження та узагальнено отримані результати.

Розроблено заходи по охороні праці, визначено економічні показники впровадження вдосконаленого різального апарату у виробництво.

Ключові слова: соя, втрати, різальний апарат, зріз рослин.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ СОЇ ТА КОНСТРУКЦІЙ РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ	10
1.1. Народногосподарське значення сої.....	10
1.2. Аналіз технологій вирощування сої.	11
1.3. Огляд існуючих засобів механізації збирання сої.	13
1.4. Огляд і аналіз конструкцій різальних апаратів.	19
1.5. Висновки	25
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ	26
2.1. Аналіз досліджень процесу зрізу рослин.	26
2.2. Коливання рослини сої і розкриття стулок боба при зрізі.	37
2.3. Обґрунтування параметрів і режимів роботи сегментно-пальцевого різального апарату нормального різання на збиранні сої.	46
2.4. Висновки	49
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ	50
3.1. Методика проведення лабораторно-польових досліджень фізико-механічних властивостей рослин сої.....	50
3.2. Методика дослідження впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність рослин сої.	54
3.3. Методика лабораторних досліджень зрізу рослин сої методом моделювання реального процесу.....	55
3.4. Методика застосування високошвидкісної цифрової відеокамери при моделюванні зрізу рослин сої сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання.....	57
3.5. Методика дослідження втрат сої за жнивваркою	61
3.6. Методика визначення біологічної врожайності.....	62

3.7	Методика дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жаткою зернозбирального комбайна.....	63
3.8.	Висновки.	65
4.	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	66
4.1.	Характеристика рослин сої.....	66
4.2	Результати дослідження впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність рослин сої.....	71
4.3	Результати досліджень зрізу стебел рослин сої методом моделювання реального процесу.	73
4.4.	Результати дослідження реального процесу зрізу рослин сої.	76
4.5.	Результати досліджень впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння на втрати за жаткою зернозбирального комбайна	82
4.6.	Висновки.	88
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ	89
5.1.	Загальні вимоги.	89
5.2.	Вимоги безпеки праці при збиранні сої зернозбиральним комбайном. ..	89
6.	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО КОМБАЙНА ПРИ ЗБИРАННІ СОЇ.....	91
6.1.	Вихідні дані.....	91
6.2.	Розрахунок економічної ефективності впровадження	92
6.3.	Висновки	92
	ВИСНОВКИ	93
	ЛІТЕРАТУРА	95
	ДОДАТКИ	99

ВСТУП

Соя є однією з провідних олійних і зернобобових культур світу, що зумовлено високою харчовою, кормовою та технологічною цінністю її насіння. За даними ФАО [1], за останні десятиріччя площі посівів сої та валовий збір зерна істотно зросли, що свідчить про її стратегічне значення. Насіння сої містить 36–48% білка та 17–25% жиру [2], а амінокислотний склад білка наближений до тваринного, що робить культуру універсальною сировиною для харчової, кормової та переробної промисловості. Соєве масло, шрот і макуха широко використовуються у виробництві продуктів харчування та комбикормів, забезпечуючи високу ефективність годівлі тварин.

Сучасні технології вирощування сої базуються на застосуванні високопродуктивних сортів, раціональній системі удобрення, ефективному захисті рослин та використанні індустріальних способів обробітку ґрунту й збирання урожаю. Водночас однією з ключових проблем залишається значний рівень втрат під час збирання, пов'язаний з низьким розташуванням нижніх бобів, які часто залишаються незрізаними. Існуючі конструкції ріжучих апаратів не завжди забезпечують необхідно низьку висоту зрізу, що знижує ефективність збирання.

Мета і задачі досліджень.

Метою роботи є розробка та дослідження ріжучого апарата жатки комбайна для зменшення втрат зернової частини сої.

Поставлена мета буде досягнута вирішенням наступних задач.

1. Провести аналіз існуючих технічних засобів для збирання сої.
2. Розробити математичну модель роботи різального апарату при збиранні сої.
3. Визначити фізико механічні властивості сої як об'єкту механізованого збирання.

4. Провести експериментальні дослідження відповідно до методики і програми робіт.

5. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати конструктивно-кінематичні параметри різального апарату для збирання сої.

6. Провести аналіз та розробити заходи з охорони праці при роботі зернозбирального комбайна на збиранні сої.

7. Провести оцінку економічної ефективності впровадження вдосконаленого різального апарату при збиранні сої

Об'єктом дослідження є процес зрізування сегментно-пальцевим різальним апаратом рослин сої.

Предметом дослідження є закономірності впливу конструктивно-кінематичних параметрів різального апарату на якісні показники збирання сої.

Методи дослідження. Для визначення і аналізу теоретичних закономірностей об'єкту і предмета досліджень використовували метод їх моделювання, а для визначення міри адекватності теоретичних закономірностей експериментальним використовували розрахунково-експериментальний метод із застосуванням пакетів програм "MathCAD" для виконання розрахунків і обробки та узагальнення отриманих результатів.

Публікації. Результати магістерської роботи відображені у збірнику тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» 21 листопада 2025 року. ДДАЕУ, м. Дніпро.

1. АНАЛІЗ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ СОЇ ТА КОНСТРУКЦІЙ РІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ

1.1. Народногосподарське значення сої

Соя є однією з найцінніших сільськогосподарських культур, вирізняючись високим вмістом білка (38-48%), жиру (20-26%) та вуглеводів. Із 10 ц насіння отримують 7–7,5 ц поживного шроту з близько 40% протеїну [1-3]. Завдяки універсальності застосування – у харчовій, промисловій, медичній та кормовій сферах – культурі присвячено значну кількість наукових досліджень [1-3].

Продукція з сої широко використовується у харчуванні: з неї виробляють борошно, молоко, олію, хлібобулочні й кондитерські вироби, а також лікувально-дієтичні продукти. Соеві білкові компоненти цінують у медицині та дієтології завдяки їхній високій поживності та легкозасвоюваності. Із сої отримують понад 400 видів продуктів, а собівартість перетравного білка у шроті в рази нижча, ніж у білкових ресурсах зернових культур [3].

У світовому виробництві рослинних олій соєва олія посідає перше місце. У США її частка сягає близько 90% від усіх рослинних і тваринних жирів, у Росії вона поступається лише соняшниковій [2]. Прогнози свідчать, що в XXI столітті половина світового врожаю сої використовуватиметься як продовольство [3].

Соя є найпродуктивнішим джерелом рослинного протеїну для тваринництва. Продукти її переробки – шрот і макуха – є важливими складовими кормів, причому соєвий шрот оцінюється на міжнародному ринку удвічі дорожче, ніж зерно пшениці [2]. Також відходи переробки використовують для виробництва біопалива.

Культура має вагомe агротехнічне значення: завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями соя збагачує ґрунт азотом, тому є добрим попередником для багатьох культур [3].

Світове виробництво сої постійно зростає і досягає сотень мільйонів тонн. Лідерами є США, Бразилія, Китай та Аргентина [3]. В Україні найвища стабільність урожайності спостерігається в зоні Лісостепу. На Півдні урожайність значною мірою залежить від забезпечення вологою: на неполивних землях вона коливається від 3-4 до 15-22 ц/га, тоді як на поливних – може досягати 28-35 ц/га. Рентабельність у південних регіонах змінюється від від'ємної до 70% на богарі та 50-90% на зрошенні. У Лісостепу вирощування сої стабільно приносить 90-120% рентабельності.

До «соєвого поясу» України входить близько 70% орних земель 17 областей, що створює значний потенціал для забезпечення країни рослинним білком і розвитку переробної промисловості. В Україні функціонують потужні переробні підприємства, зокрема Пологівський олійноекстракційний завод, Вінницький олієжиркомбінат та виробництва групи «ТЕКМАШ».

Сьогодні соя відіграє ключову роль у підвищенні ефективності аграрного сектору, розвитку харчової та кормової промисловості, створенні робочих місць і зміцненні позицій України як виробника продовольчої продукції.

1.2. Аналіз технологій вирощування сої.

В Україні сформовані сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування продуктивних вітчизняних сортів сої з потенціалом урожайності 3,5-4,5 т/га, які не поступаються іноземним. Практика показує, що доцільно висівати сою на площі не менше 150-200 га – це дозволяє застосовувати інтенсивну технологію, ефективно використовувати сучасні машинно-технологічні комплекси (коефіцієнт використання понад 0,7) та забезпечувати високі врожаї. Стабільне виробництво сої базується на якісному землеробстві та використанні комплексів машин для внесення добрив, обробітку ґрунту, сівки, захисту рослин, збирання та післязбиральної доробки.

Найкращі результати досягаються при вирощуванні сої після зернових колосових, кукурудзи на силос, картоплі та однорічних кормових культур [18,

33]. Як бобова культура, соя залишає в ґрунті 60-80 кг/га азоту й є цінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур. Для формування 1 ц насіння рослина споживає 7,5-10,0 кг азоту, 1,7-2,5 кг фосфору та 3,0-4,5 кг калію [3], тому для програмованої урожайності (3 т/га) передбачають внесення мінеральних добрив.

У різних зонах застосовують диференційований обробіток ґрунту – від глибокого до поверхневого, використовуючи полицеві, плоскорізні, дискові, голчасті та комбіновані знаряддя. Через високий рівень забур'яненості основу становить плужний обробіток із луценням або дискуванням та оранкою, бажано обертовим плугом. Важливо також якісно підготувати ґрунт до сівби: закрити вологу важкими бородами й сформувати вирівняне дрібногрудкувате поле комбінованими агрегатами типу «Європак».

За 4-5 тижнів до сівби насіння протруюють вітаваксом (3 л/т), а в день сівби – обробляють ризоторфіном. Найефективніший спосіб сівби – широкорядний з міжряддями 45 см; для високорослих сортів – 70 см [2]. Насіння загортають на глибину 2,5-3 см (або 3-4 см за нестачі вологи). Норми висіву в умовах Степу становлять: 700-750 тис./га схожих насінин для ранніх сортів, 600-650 тис. – для середньоранніх, 500–550 тис. – для середньостиглих (приблизно 80-100 кг/га) [2]. Сівбу на полі бажано завершити за 1-2 дні для отримання рівномірних сходів.

Догляд включає поєднання механічних (боронування, міжрядний обробіток) та хімічних заходів боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами. За потреби проводять десикацію розчином басті (2 кг/га) на початку побуріння нижніх і середніх бобів, що підвищує продуктивність комбайна на 30–40% та зменшує втрати.

Збирання здійснюють однофазно при вологості насіння 14-16%. Жатку налаштовують на низький зріз (5-6 см), а молотильно-сепарувальні системи – на режими з мінімальними втратами. Післязбиральне очищення і сушіння виконують на комплексах КЗС або на окремих зерноочисних і сушилних установках. Оптимальна вологість для зберігання – 12–13%.

1.3. Огляд існуючих засобів механізації збирання сої.

Сою збирають прямим комбайнуванням (низький зріз 4-6 см) при повній стиглості – листя вже опало і боби сухі, побурілі стебла і боби, відокремлення твердого насіння від стулочок. Оптимальна вологість насіння – 12-14%. При запізненні з збиранням боби розтріскуються, а вологість насіння зростає знов. Для низьких втрат бобів важливо не перевищувати висоти зрізу більше ніж на 7-8 см від землі. При вищому зрізі втрачаються нижні боби, що, як правило, є найбільш врожайними. Тривале зберігання бобів сої можливе при їхній відносній вологості не вище за 11%.

В наш час для збирання сої найбільшого поширення отримали адаптери до зернозбиральних комбайнів вітчизняного та закордонного виробництва, які дозволяють забезпечити мінімальну висоту зрізу сої при збиранні цієї культури.

Жатка ЖС-5 для збирання сої – низького зрізу, характеризується наступними складовими конструкції: каркас, мотовило, шнек, різальний апарат, механізми регулювань та приводів.

Технологічний процес роботи жатки ЖС-5 (рис.1.1) зрізана стеблова маса різальним апаратом починає подаватися мотовилом до шнека, який у свою чергу подає її до центру жатки. Після цього пальцевим механізмом шнека подається у транспортер до похилої камери, за яким і подається до приймального комбайнового бітера.



Рис. 1.1 Жатка ЖС-5 низького зрізу для збирання сої

Коротка технічна характеристика жатки ЖС-5:

- ширина захвату - 4,92 м;
- продуктивність за 1 годину - 1,98 га;
- робоча швидкість при збиранні сої - 4,5-5 км/год;
- навіска на комбайн - стандартна чотирьох точкова;
- радіус повороту - 9,6 м;
- маса - 1860 кг;
- агрегують з зернозбиральними комбайнами "Єнісей-1200-1М" і його

різні модифікаціями.

Жатка для збирання сої - SF2 (рис.1.2) фірми Cressoni (Італія). Ширина захвату 3,75-5,35 м, гнучкий корпус підбирача, забезпечується максимальне копіювання рельєфу поля.

Платформа забезпечена для автоматичного керування коливань копіювальними щупами, вони забезпечують мінімальну висоту по всій довжині. Шнек великий - 610 мм із прибираючимися пальцями.

Привід мотовила здійснюється незалежно від руху жнивarki гідравлічною установкою, яка дає можливість оператору змінити число обертів з кабіни. Заплутані рослини поділяються довгими відокремлюваними кожухами, які легко складаються при транспортуванні.

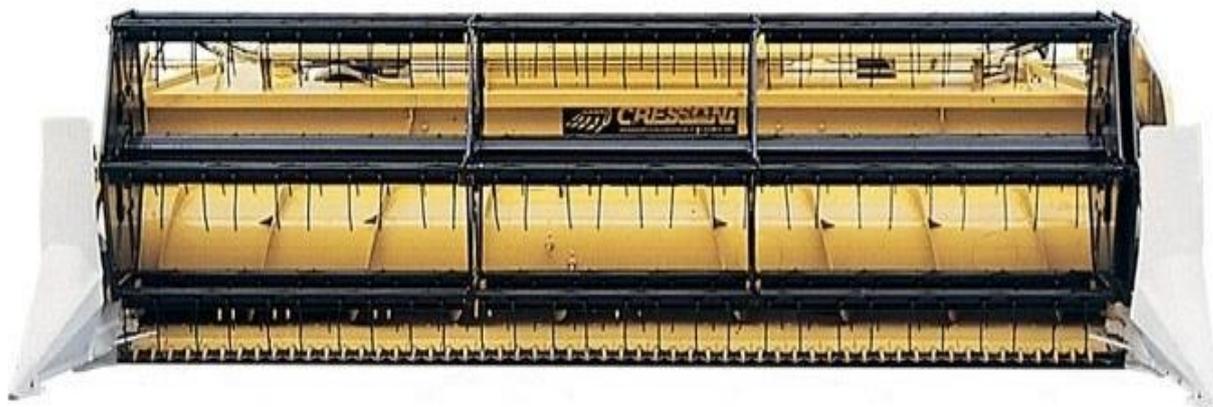


Рис. 1.2. Жатка для збирання сої SF2 фірми Cressoni

Коротка технічна характеристика жатки «SF2»:

- ширина захвату варіюється - 3,75-5,35 м;
- діаметр шнеку - 610 мм;
- швидкість руху при роботі - 5-6 км/год;
- привід мотовила незалежний від руху жатки.

Хедер «John Deere 853A» (рис.1.3) призначений для скошування сої посіяної з міжряддям 70 см та подачі маси в молотильно-сепарувальний апарат комбайна. Хедер агрегатується з комбайнами «John Deere» всіх типів. Хедер «John Deere 853A» складається з корпусу, шнека, робочих секцій з різальним апаратом ротаційного типу та транспортерами і білильників.

Основними робочими органами слугують подавальні пасово-ланцюгові транспортери (по 2шт. на кожне русло) та різальний апарат ротаційного типу. Вони змонтовані на секціях, підвішених шарнірно до хедера, і спираються на копіювальні башмаки.



Рис. 1.3 Хедер для збирання сої «John Deere 853A» в агрегаті з комбайном «John Deere 9640»

Коротка технічна характеристика хедера «John Deere 853A»:

- ширина захвату - 6 м;
- кількість рядів - 8 шт;

- ширина міжрядь - 70 см;
- обладнана копіювальними башмаками;
- можливість збирати не тільки бобові, а і соняшник.

Жатка Power Flow (рис.1.4) є унікальною розробкою компанії Challenger. Практика підтверджує приріст продуктивності у 15% при збиранні під корінь. При збиранні таких культур, як ріпак, льон, бобові й жито, її виробіток перевершує показники усіх інших жниварок на 50 і більше відсотків. Ця жниварка може використовуватися для прямого комбайнування рапсу та сої без додаткових пристроїв на кшталт рапсового столу. Такі чудові показники при збиранні врожаю у складних умовах зумовлені примусовою подачею скошеної маси до шнека, що скорочує втрати зерна від опадання та забезпечує рівномірну подачу незалежно від умов роботи.



Рис. 1.4 Хедер для збирання сої «Power Flow»

Жатка оснащена посиленою рамою, яка забезпечує стабільну роботу стрічкового транспортера без перекосів. Транспортер подає зрізану масу від ножа до шнека, прискорюючи її рух і рівномірно формуючи потік. Його швидкість можна налаштовувати відповідно до особливостей конкретної

культури. Завдяки великій відстані між ріжучим апаратом і шнеком – 1,14 м втрати під час роботи мінімізуються.

Стрічковий транспортер Power Flow також зменшує зношування жниварки, ефективно відкидаючи каміння. Висунуте вперед розташування ріжучого апарата покращує огляд з кабіни, що дає комбайнеру більше часу для реагування на сторонні предмети, які можуть потрапити в робочу зону жатки.

Коротка технічна характеристика жатки «Power Flow»:

- ширина варіюється в межах - 5,6-9,14м;
- нова система приводу коси Shumacher, яка збільшує кількість рухів до 1200 за 1 хв;
- стрічковий транспортер;
- можливість власноручного регулювання стрічкового транспортера в залежності від культури;
- встановлені вертикальні ножі для збирання спеціальних культур типу ріпак.

Для збирання сої штатною зерновою жаткою комбайна австрійською фірмою BISO виробляється пристосування, яке може бути використане практично на всіх жатках різних типів зернозбиральних комбайнів (рис. 1.5).



Рис.1.5. Пристосування фірми BISO (Австрія) для збирання сої

Особливістю цього пристосування є оригінальна система копіювання ґрунту, яка забезпечує точну висоту зрізу навіть при великій ширині захвату.

Одним із вітчизняних комбайнів для збирання сої є КЗС-9-1 «Славутич» (рис.1.6). Комбайн зернозбиральний самохідний КЗС-9-1 «Славутич» -

універсальна машина яка працює на всіх культурах з комплектом пропонованого навісного обладнання. Комбайн працює з високою продуктивністю до 16 т/год при забезпеченні якісного обмолоту.

Особливості конструкції комбайна дозволяють працювати на засмічених і зволжених полях і здійснювати збирання з 35-50 га/день. Сучасне компоновання з послідовним розташуванням кабіна-бункер-двигун забезпечує: стабільний рух на високій транспортній швидкості без "галоупування" і з надійною керованістю; мінімальна кількість ремінних і ланцюгових передач, а також доступність всіх елементів приводів; комфортні умови праці для комбайнера.

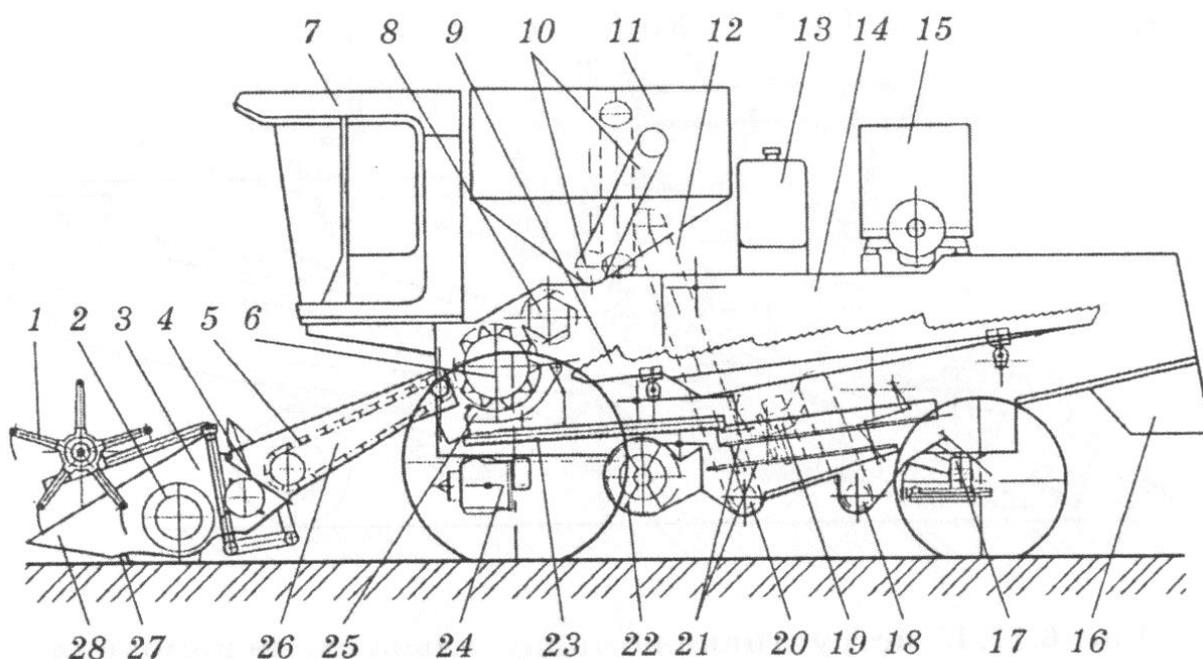


Рис. 1.6. Конструктивно-компоновальна схема комбайна КЗС-9-1 "Славутич":

1-мотовило; 2-шнек; 3-корпус жатки; 4 - бітер проставки; 5-конвеєр похилої камери; 6-молотильний барабан; 7-кабіна; 8-відбійний бітер; 9 - соломотряс; 10-вивантажувальний шнек; 11-бункер; 12-зерновий елеватор; 13-паливний бак; 14-молотарка; 15-двигун; 16-капот; 17-міст керованих коліс; 18 - колосовий шнек; 19-домолочувальний пристрій; 20-зерновий шнек; 21 - решета очисника; 22-вентилятор; 23-стрясна дошка; 24-міст ведучих коліс; 25-підбарабання; 26-похила камера; 27-різальний апарат; 28-подільник.

Технічна характеристика Комбайна КЗС-9-1 "Славутич":

- продуктивність по зерну за годину основного часу - до 11 т/год;
- мінімальний радіус повороту по сліду зовнішнього колеса - 9м;
- пропускна здатність - 9 кг/с;
- місткість бункеру - 6,7 м³;
- потужність двигуна - 165 кВт;
- ширина молотарки - 1500 мм;
- підбарабання - прутково-планчатє;
- витрата палива на 1 т. зерна - 2,2-3,4 л/т;
- швидкість руху при збанні сої - до 10 км/год.

1.4. Огляд і аналіз конструкцій різальних апаратів.

На сьогодні найбільшого поширення набули ротаційні і сегментно-пальцьові різальні апарати, що працюють за принципом безпідпiрного і підпiрного зрізу рослин [12, 25, 27].

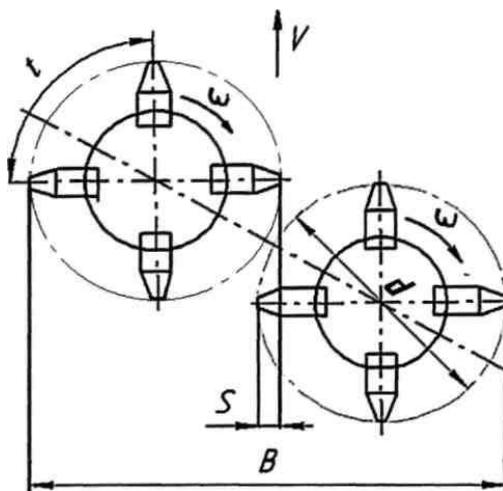


Рис. 1.7. Ротаційний різальний апарат: t - кут між осями сегментів; B - ширина захвату; ω - напрям обертання дисків; S - довжина різальної кромки сегменту; d - діаметр диска.

Ротаційний різальний апарат виконує зріз рослин за принципом коси. Цей принцип заснований на зрізі стебел без наявності протирізального елемента за

рахунок великої швидкості ножа, яка перевершує швидкість деформації стебла в місці зрізу [12, 17]. Цей різальний апарат є диском із закріпленими на ньому сегментами (рис. 1.7) [28].

Перевагами ротаційних різальних апаратів є висока продуктивність і можливість працювати на високоврожайній або полеглий масі. Недоліками є швидке затуплення ножів, підвищена металоемність і енергоємність, яка в п'ять разів вище ніж у сегментно-пальцевого різального апарату.

Багатократна дія лез на масу, що зрізається, може бути причиною збільшення втрат насіння сої при збиранні, тому застосування апаратів цього типу різального апарату на жниварках небажано.

До різальних апаратів підпірного різання відносяться сегментно-пальцеві апарати із зворотно-поступальним рухом ножа, які діляться на апарати з рухомими пальцями, нерухомими пальцями і на двоножові [12, 25, 27].

Різальні апарати із зворотно-поступальним рухом ножа і нерухомими пальцями складаються з пальцевого бруса, пальців, які нерухомо закріплені на брусі і ножів (сегментів) [13, 19] (рис. 1.8).

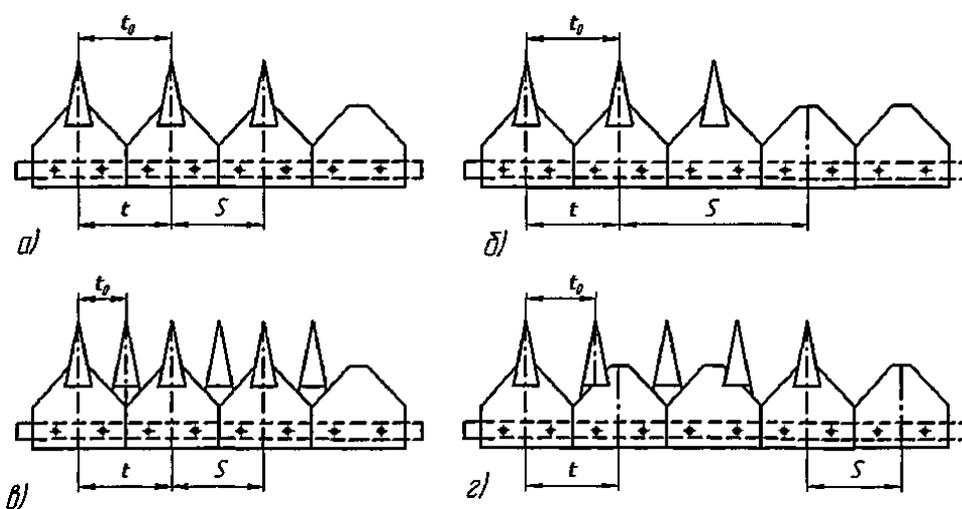


Рис. 1.8. Сегментно-пальцевий різальний апарат: а - нормального різання з одинарним пробігом ножа; б - нормального різання з подвійним пробігом ножа; в - низького різання; г - середнього різання

Пальцьовий брус є сталеву смугою, на якій просвердлені отвори для кріплення пальців і опорних башмаків. Пальці у верхній частині мають перовидний відросток, а з боків вусики. До нижньої площини, утвореної перовидним відростком і тілом пальця, приклепана заклепкою сталеві протирізальна пластинка (вкладиш).

Сегменти (сталеві пластинки трапецеїдальної форми) мають гострі бічні грані. Сегменти кріпляться до ножової смуги заклепками або болтами.

В процесі роботи сегментно-пальцьового різального апарату стебла діляться на невеликі порції і вводяться в проміжки між сусідніми пальцями, відхиляються сегментами до пальців, затискаються і зрізаються різальними парами. Перовидні відростки на пальцях служать додатковою опорою при зрізі, що унеможливорює відхилення стебла в поперечному напрямі [20].

Основними геометричними і кінематичними параметрами цих різальних апаратів є: S - хід ножа від одного крайнього положення до іншого, t - крок різальної частини, рівний відстані між осьовими лініями сусідніх сегментів, t_0 - крок протирізальної частини, рівний відстані між осьовими лініями сусідніх пальців (рис. 1.8).

Залежно від співвідношення геометричних і кінематичних параметрів розрізняють наступні апарати сегментно-пальцьового типу із зворотно-поступальним рухом ножа: нормального різання з одинарним пробігом ножа $S = t = t_0$, нормального різання з подвійним пробігом ножа $S = 2t = t_0$, низького різання $S = t = 2t_0$, середнього різання $S = t = (4/3 : 5/4)t_0$.

Різальний апарат з одинарним пробігом ножа застосовують в більшості збиральних машин (косарки, комбайни, валкові жнивварки та ін.) [20].

Різальний апарат з подвоєним пробігом також іноді застосовується в косарках і комбайнах. Використання цього апарату пояснюється прагненням понизити число оборотів ексцентрикового валу при тій же самій середній швидкості ножа. Різальний апарат низького різання порівняно з різальним апаратом нормального типу має в два рази меншу відстань між пальцями. Цей апарат застосовується для збирання трав з

тонкими і гнучкими стеблами на косарках і на деяких комбайнах. Внаслідок частішої постановки пальців стебла, що зрізаються, менше відхиляються сегментом і при цьому залишається коротша стерня, що важливо для роботи косарок, оскільки призводить до зменшення втрат зеленої маси. Встановлення апарату низького різання на комбайн пояснюється прагненням зменшити втрати зерна в колосках, що зрізаються.

Різальний апарат середнього різання відрізняється від попереднього тим, що хід ножа в нім і крок різальної частини більше кроку протирізальної частини і не кратні йому. У нашій країні цей апарат поширення не отримав.

Різальний апарат із зворотно-поступальним рухом ножа і рухомими пальцями складається з двох рухомих частин: ножа і смуги з пальцями, що здійснюють зворотно-поступальний рух один відносно одного.

У двоножових різальних апаратах роль підпору і одночасно різального елемента виконує сегмент (рис. 1.9).

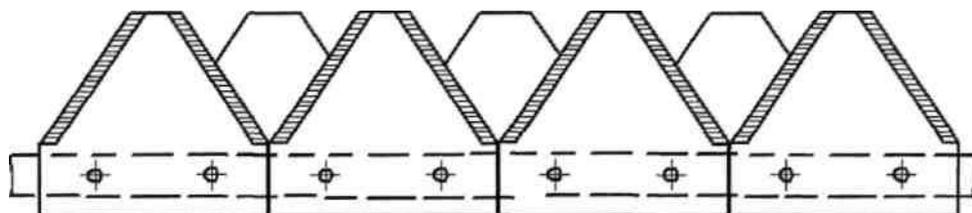


Рис. 1.9. Двоножовий різальний апарат

Залежно від призначення двоножові різальні апарати діляться на апарати з одним рухомих ножем і з двома рухомих ножами [27].

Останні у свою чергу піділяються на однопробіжні і двопробіжні (рис. 1.10).

В порівнянні з сегментно-пальцьовими різальними апаратами двоножові мають ряд переваг: працюють на нижчому зрізі, не забиваються, навіть будучи заліпленими брудом, дозволяють скошувати сплутані і полегли стебла, можуть здійснювати задовільний зріз рослин при переході на підвищені поступальні швидкості роботи жнивних машин.

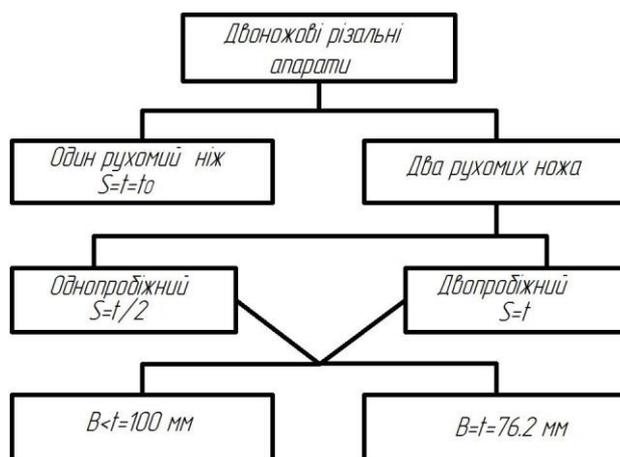


Рис. 1.10. Класифікація двоножових різальних апаратів: B - ширина нижньої основи сегменту, S - хід ножа, t і t_0 - відповідно крок різальної і протирізальної частини

Проте разом з перевагами, у двоножових апаратів є і недоліки: складність конструкції механізму приводу ножів, забезпечення стеблам, що зрізаються, тільки однієї опори - на лезо зустрічного сегменту, що призводить до втрат при скошуванні тонких стебел на висоті понад 0,1 м. Крім того, двоножові апарати треба точно центрувати, оскільки недобігання ножів знижує вірогідність попадання стебел в розхил різальної пари, внаслідок чого стебла підминаються верхніми кромками сегментів.

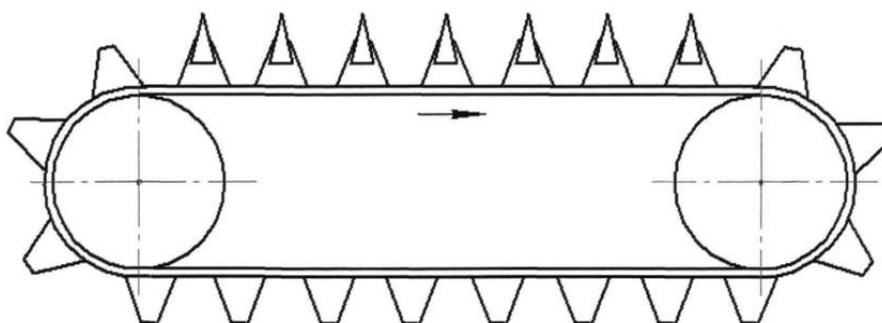


Рис. 1.11. Різальний апарат з гнучким нескінченним елементом

Різновидом різального апарату для підпірного зрізу рослин є різальний апарат з прямолінійним поступальним рухом лез. Апарати з прямолінійним поступальним рухом є нескінченною стрічкою із закріпленими на ній на однаковій відстані сегментами і пальцями, розташованими в робочій зоні (рис.

1.11). Стрічка надіта на шківи, закріплені на паралельних вертикальних валиках, роликах або зірочках.

Різальний апарат з прямолінійним рухом лез є перспективним, оскільки позбавлений інерційних сил, забезпечує постійну швидкість різання на усій площі зрізу, має постійний кут нахилу лез протягом усієї фази різання, що чинить позитивний вплив на якість зрізу. Кромка леза такого апарату навантажена однаково упродовж усієї фази різання, що створює сприятливіші умови для роботи різального апарату. Проте нині цей різальний апарат поширення не отримав внаслідок його низької надійності, особливо при великій ширині захвату (більше 2 м).

На сьогодні найбільшого поширення серед усіх існуючих типів різальних апаратів набув сегментно-пальцевий різальний апарат нормального різання. Він застосовується в більшості сучасних зернозбиральних комбайнів (рис. 1.12) завдяки простоті конструкції, експлуатаційній надійності в роботі, сумарному навантаженні на леза сегменту і низької вартості запчастин.

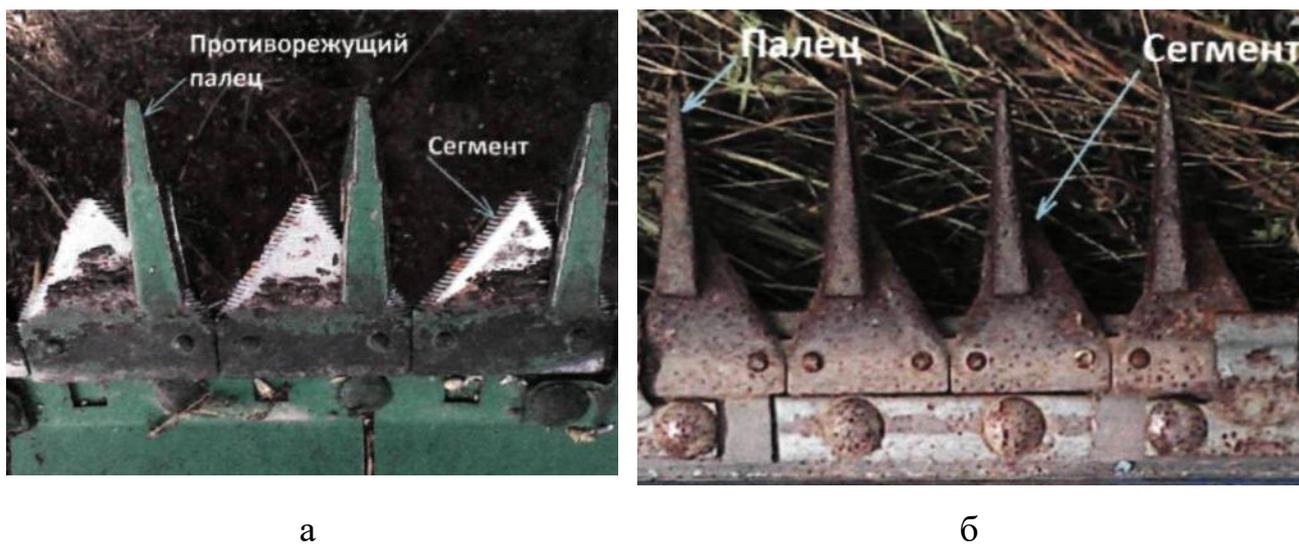


Рис. 1.12. Різальні апарати комбайнів: а – «John Deere 1048»; б – «Снісей 958»

На відміну від різальних апаратів комбайнів «John Deere 1048» і «Снісей» апарати комбайнів «Полісся» і «Вектор» мають особливу конструкцію (рис. 1.13): сегменти закріплені на ножовій смузі по черзі різальними кромками «вгору» і «вниз», крім того вони у своїй центральній частині мають отвори

трикутної і овальної форми, а протирізальні пальці не мають перовидних відростків.



Рис.1.13. Різальні апарати комбайнів: а – «Полісся»; б – «Вектор»

1.5. Висновки

В результаті аналізу засобів механізації збирання сої встановлено, що основним способом збирання є пряме комбайнування, при цьому комбайн обладнується додатково спеціальною соєвою жаткою, яка забезпечує низький зріз.

Аналіз конструкцій різальних апаратів свідчить про те, що для збирання сої найбільш оптимальним є використання сегментно-пальцевого різального апарату, який має відносно просту конструкцію та задовільну ремонтпридатність.

Сегментно-пальцеві ріжучі апарати, що застосовуються під час збирання сої, мають низку суттєвих недоліків. По-перше, вони забезпечують недостатньо низьку висоту зрізу, що спричиняє значні втрати врожаю. По-друге, їх робота є недостатньо надійною через високу чутливість до потрапляння сторонніх предметів у зону дії ріжучого механізму. Крім того, такі апарати потребують значних трудових витрат на виконання регулювальних операцій, зокрема на встановлення первинних зазорів між сегментом і протиріжучою пластиною.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ

2.1. Аналіз досліджень процесу зрізу рослин.

Необхідність створення спеціальних жнивних машин була продиктована зростанням сільського господарства, пов'язаного з рослинництвом. Зростання міського населення і промислового виробництва привели до зростання споживання продуктів харчування. Дефіцит хліба в ХІХ-ХХ століттях особливо гостро відчувався в Англії і Німеччині, які були вимушені купувати його у Росії [6]. Тому саме в цих країнах, виникла велика кількість пропозицій по створенню високопродуктивних сільськогосподарських машин для збирання зернових і інших культур.

Перший різальний апарат, що працює за принципом ножиць, був запропонований в Англії в 1800 році, а в 1828 році була побудована перша жнивна машина. Різальний апарат складався із смуги з різальними пластинками, яка переміщалася між пальцями.

У Росії в 1846 році апарат, що працює за тим же принципом, запатентував Ф. Мов, а в 1860 р. П. А. Зарубок створив «жнивний візок»[6].

Невипадково саме в Росії видатним вченим академіком В. П. Горячкіним була розроблена наукова теорія різання лезом ножа, яка послужила основою для наступних досліджень цілого ряду російських і зарубіжних учених. Його по праву можна вважати основоположником теорії і розрахунку сільськогосподарських машин.

У своїй роботі "Теорія соломорізок і силосорізок" В. П. Горячкін виклав початок теорії різання, показав взаємозв'язок технологічних основ процесу різання з конструктивними елементами різального апарату [6]. Зріз рослин він розглядав як процес взаємодії рухливого тіла (ножа) з нерухомим (стебло), який може відбуватися двома шляхами: статичним (при повільному тиску ножа) або динамічним (за допомогою імпульсу за рахунок витраченої енергії). При повільному русі сегменту стебло відгинається убік і перерізається, при цьому

деформація передається на усю масу стебла. При швидкому русі сегменту стебло також відгинається убік до тих пір, поки його пружний опір не зробиться рівним зусиллю, необхідному для того, щоб перерізати стебло, тобто стебло перебивається ударом.

При проведенні розрахунків для дерева В. П. Горячкін набув значення швидкості удару $V = 6$ м/с, яка виявилася велика для жнивних машин, але при цьому він вказав, що прагнути до неї не слід, оскільки ковзаюче різання може полегшити процес різання.

В. А. Желиговский, розвиваючи основні положення теорії В. П. Горячкина, встановив умови, при яких здійснюється процес різання, і представив залежність між нормальним тиском леза на матеріал, дотичною силою, необхідною для збудження дотичного переміщення леза відносно матеріалу, величиною заглиблення і дотичним переміщенням леза [17].

В ході вивчення процесу різання В. А. Желиговский приходить до висновку, що найменша питома робота буде при рубаючій дії ножа. Автором було встановлено, що у міру збільшення кута ковзання питома робота зростає спочатку повільно, а після досягнення $70-75^\circ$ інтенсивніше. Зусилля тертя при перерізанні грубостеблових рослин починає перевищувати зусилля різання, що робить подальше збільшення значення кута ковзання недоцільним.

У теорії різання існує поняття питомої роботи різання A_{num} [25]

$$A_{num} = A/F \quad (2.1)$$

де A - повна робота, що здійснюється при перерізанні шару рослинної маси; F - площа перерізу шару, що перерізається.

М. Е. Резнік при проведенні досліджень по різанню товстого шару стебел кукурудзи і лободи, встановив залежність роботи A і питомої роботи A_{num} різання від кута нахилу леза τ [25]. З графіка, зображеного на рис 2.1, видно, що робота і питома робота із збільшенням кута τ до 25° падають, а при подальшому збільшенні кута зростають. Очевидно, зростання роботи різання при значенні кута ковзання леза понад 25° властиво тільки різанню товстого шару і продиктовано тим, що при

різанні лезом зусилля витрачається не лише на руйнування матеріалу вершиною леза, але і на подолання тертя між фасками леза і матеріалом.

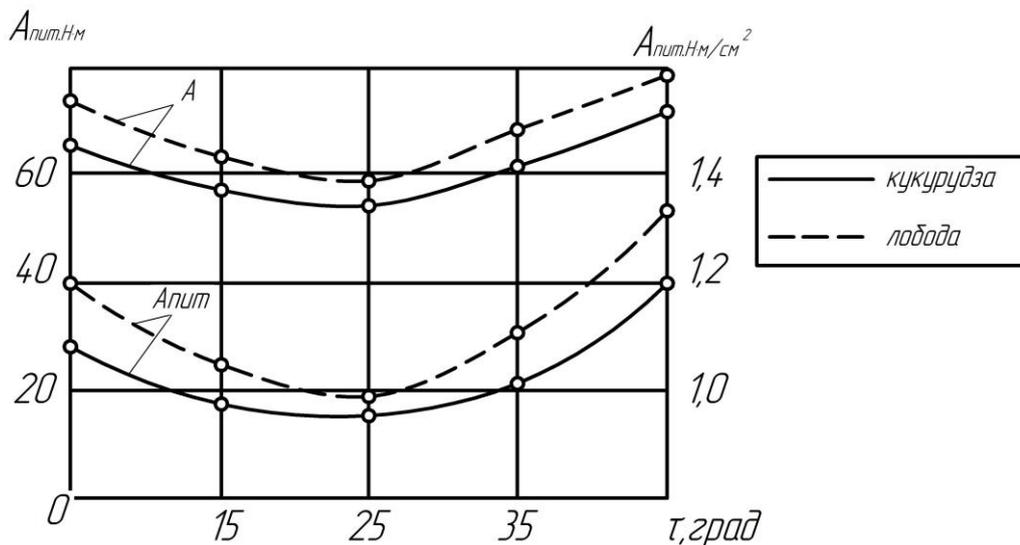


Рис. 2.1. Залежність роботи A різання і питомої роботи $A_{\text{пит}}$ різання від кута нахилу леза τ [25]

В результаті проведення силового аналізу процесу різання Н.Е. Резніком були побудовані діаграми зусиль статичного різання шарів рослинної маси від 0,025 до 0,12 м. При аналізі результатів автор робить висновок, що робота стискання $A_{\text{ст}}$ шару маси може бути визначена як площа першої ділянки діаграми різання, яка, з незначною погрішністю дорівнює площі трикутника з основою $h_{\text{ст}}$ і висотою $P_{\text{кр}}$.

$$A_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{кр}}}{2} h_{\text{ст}} \quad (2.2)$$

де $P_{\text{кр}}$ - величина стискуючої сили, при якій закінчується стискування маси лезом і починається процес різання; $h_{\text{ст}}$ - величина ходу ножа від початку процесу стискання до початку різання.

Також автором було встановлено, що при порівняльній оцінці енерговитрат процесу різання досить визначати максимальне зусилля різання.

У різальних апаратах одним з головних чинників процесу різання є швидкість різання.

При проведенні дослідів на зеленому житі і інших рослинних матеріалах було виявлено, що зусилля на зріз при збільшенні швидкості від 1,0 до 1,5 м/с і вище, змінюється обернено пропорційно до квадрата швидкості V .

$$P_1 = P \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \quad (2.3)$$

де P_1 - зусилля на зріз стебла при V_1 ; P - зусилля на зріз стебла при V_2 .

І.Ф. Василенко [17] вважає, що це явище пояснюється тим, що із збільшенням швидкості ножа змінюється об'єм матеріалу, що залучається до деформації, яка не встигає поширитися на великий об'єм. Він встановив, що для зрізу потрібний деякий проміжок часу t , що залежить від швидкості ножа V_x і діаметру рослини d_l . Ці величини характеризуються співвідношенням:

$$t = d_l / V_x. \quad (2.4)$$

Також треба врахувати, що машина, у свою чергу за час t переміститься на відстань σ , причому

$$\sigma_1 = Vt = d \frac{V}{V_x}, \quad (1.5)$$

де V - швидкість машини, км/год.

Якщо протягом усього проміжку часу t рослина затиснута між лезами, то виникаюча сила уздовж осі рослини розтягує його. При високій швидкості машини і низької швидкості леза частина стебел, що виявилися затиснутими між лезами, спочатку виривається із землі з корінням або розривається по довжині стебла, а тільки потім зрізається і забиває тим самим різальний апарат. А якщо ґрунт щільний і зв'язок його з корінням великий, то розрив в більшості випадків станеться по місцю затискання рослини, тобто відбувається рваний зріз.

М. Н. Летошнев [17] також вважає, що при недостатній швидкості ножа тривалість перерізаня стебла суттєва і позначається на тому, що стебло, затиснуте між двома лезами, може не перерізатись, а розірватись за рахунок поступального руху машини.

Г. Д. Терсков [25] при аналізі значення швидкості зрізу трави відмічає, що швидкість сегменту в процесі різання стебел має бути настільки велика, щоб

подальше її збільшення не могло привести до помітного зниження витрат потужності на здійснення зрізу.

Проводячи дослідження в тому ж напрямі, В. Н. Венедиктов [27] встановив, що збільшення швидкості різання супроводжується помітним зменшенням витраченої роботи тільки до певної межі. Так, для найбільш жорсткої трави V_{min} знаходиться в межах від 2,1 до 2,4 м/с.

О.М. Карпенко і І.Ф. Василенко [20], дослідивши значення швидкості різання експериментально, встановили мінімальну швидкість різання для основних хлібних культур, рівну 0,6 - 0,8 м/с. Дійсну швидкість різання для різальних апаратів вони дають в межах 1,5 - 1,7 м/с. Стосовно різних типів різальних апаратів при постійній швидкості обертання кривошипа якість їх роботи різна.

С. А. Притченко [17] і М.Г. Березін [27] у своїх роботах вказують, що із зростанням швидкості зусилля підпірного різання зменшується. При збільшенні швидкості різання з 5 до 20 м/с зусилля різання зменшилося в три рази.

М.Е. Резнік при дослідженні процесу різання рослинної маси на різних швидкостях відмічає, що незважаючи на деяку розбіжність наявних в літературі дослідних даних і теоретичних досліджень залежностей зусилля і роботи різання від швидкості, можна констатувати, що в більшості випадків спостерігається тенденція зниження зусилля і роботи різання із збільшенням швидкості різання [25].

Кут нахилу різальних кромок і вкладишів пальців також є одним з головних чинників, що визначають процес різання.

В. П. Горячкін пропонує підбирати кут нахилу сегментів α виходячи з умови $tg\alpha \leq V_m / r\omega$, відмічаючи, що в цьому випадку ніж не лише рубатиме, але і перерізатиме стебла з ковзанням ($r\omega$ - швидкість коливання ножа; V_m - швидкість руху машини).

О.М. Карпенко [14] на підставі експериментальних даних вказує, що із збільшенням кута різання зменшується зусилля зрізу, але при цьому збільшується відхилення стебла і відбувається виштовхування його з розхилу різальних кромок.

Значення кута різання, при якому ще не відбувається значного виштовхування стебел, в середньому складає 30-35° для гладких і 40-45° для насічених сегментів.

Академік І.Ф. Василенко [17] вказував, що матеріал, який зрізається, виштовхується з розхилу різальної пари у тому випадку, коли відсутня сила тертя матеріалу по лезу, але оскільки сила тертя має місце при зрізі, то реакція леза буде відхилена від нормалі на кут тертя матеріалу по лезу. При цьому можливі три випадки:

1. Реакція R_1 , і R_2 спрямовані до основи сегменту. В цьому випадку кути $\alpha + \beta < \varphi_1 + \varphi_2$. А рівнодійна реакція спрямована до вершини кута, тому стебла ковзатимуть до основи сегменту.

2. R_1 , і R_2 і їх рівнодійна спрямовані до вершин сегментів:

стебла виштовхуватимуться з розхилу різальної пари. В цьому випадку:

$$\alpha + \beta > \varphi_1 + \varphi_2.$$

3. Реакція R_1 , і R_2 спрямовані один назустріч одному по прямій. В цьому випадку кути між лезами дорівнюють кутам тертя $(\alpha + \beta) = (\varphi_1 + \varphi_2)$.

Виштовхування стебел відбуватися не буде.

Таким чином, для того щоб стебла при зрізі не виковзували з лез, необхідно дотримуватись умови

$$(\alpha + \beta) \leq (\varphi_1 + \varphi_2). \quad (1.6)$$

де α і β - кути, що утворені лезами; φ_1 і φ_2 - кути тертя протиризальної пластини і сегменту.

У міру зношування і затуплення різальних кромки сегменту і пластини умова затискання стебел порушується.

При дослідженні діаграм руху ножів В. П. Горячкін встановив, що при співвідношенні $tg\alpha = V_M/V_H$, лезо проходить усю площу різання, при $tg\alpha > V_M/V_H$ залишаються незрізані стебла, а при $tg\alpha < V_M/V_H$ ніж пробігає деяку частину площі двичі [6].

О.М. Карпенко та І.Ф. Василенко [17] теоретично і експериментально довели, що наявність "шкідливих" площин з точки зору якості роботи і

енерговитрат, не так істотно позначається на якості роботи різального апарату, необхідно лише погоджувати швидкість руху ножа і машини.

При аналізі дослідів по визначенню величини подачі і її співвідношення з розрахунковими площами навантажень на лезо, І.Ф. Василенко встановив залежність:

$$f = \varphi F \quad (1.8)$$

де φ - коефіцієнт навантаження; f - розрахункове навантаження на лезо сегменту; F - площа подачі.

Р.Р. Хайбуллін [28] і ряд інших авторів вказують, що на роботу різального апарату великий вплив має відгин стебел. У існуючих різальних апаратах значна маса стебел перерізається в похилому положенні: в поперечному (діагональному) і подовжньому напрямі. Це ускладнює процес різання. Вертикальне ж положення стебла у момент його зрізу з опорою є найкращим, оскільки можливості пропуску незрізаних стебел будуть мінімальними.

А. Н. Бель [17] при дослідженні роботи жаток на підвищених швидкостях вивів вираз для визначення середнього відгину стебел:

$$q_{cp} = \frac{1}{2(\Pi_{mo1} + h' + q_{ln})} \sqrt{\left[(h' + \Pi_{mo1})(q_{no1} + q_{oo1}) + 2q_{oo}q_{ln} \right]^2 + \left[(h' + \Pi_{mo1})(q_{no1} + q_{oo1}) + q_{ln}(q_{ln} + 2q_{no}) \right]^2} \quad (2.8)$$

Складові, що входять у формулу визначалися за допомогою наступних виразів:

$$\begin{aligned} \Pi_{mo1} &= 3 \cdot 10^4 \frac{V_m a_1}{\pi n}, \text{ мм} & q_{ln} &= 3 \cdot 10^4 \frac{V_m \varphi'}{\pi n} - h', \text{ мм} \\ q_{oo1} &= \frac{t_0}{2} - \frac{b_B}{2}, \text{ мм} & q_{oo} &= \frac{t_0}{2} - \frac{b_H}{2}, \text{ мм} \\ q_{no} &= 3 \cdot 10^4 \frac{V_m \psi'}{\pi n}, \text{ мм} & q_{no1} &= 3 \cdot 10^4 \frac{V_m \beta_0}{\pi n}, \text{ мм} \end{aligned}$$

де t_0 - відстань між серединами пальців, мм; h' - висота різальної частини сегменту, мм; b_B - ширина верхньої основи протирізальної пластини, мм; b_H - розмір нижньої основи протирізальної пластини, мм; V_m - швидкість руху агрегату, м/с; n - число оборотів кривошипа ножа в хвилину; a_1 - кут повороту кривошипа ножа, при якому відбувається захоплення стебел на середній лінії міжпальцевого простору для діагонального відгину; ψ' - кут повороту

кривошипа ножа, при якому відбувається поперечний відгин стебел, розташованих в точці O ; φ' - кут повороту кривошипа ножа при одному його обороті, протягом якого стебла, розташовані на середній лінії міжпальцевого простору, не підрізались; β_0 - кут повороту кривошипа ножа, при якому відбувається поперечний відгин стебел, розташованих в точці O_1 .

Для аналізу зміни максимальних значень діагонального і подовжнього відгинів стебел залежно від швидкості руху агрегату А. Н. Бель ввів поняття критичної швидкості руху жнивного агрегату $V_{\text{мкр}}$. (рис. 2.2).

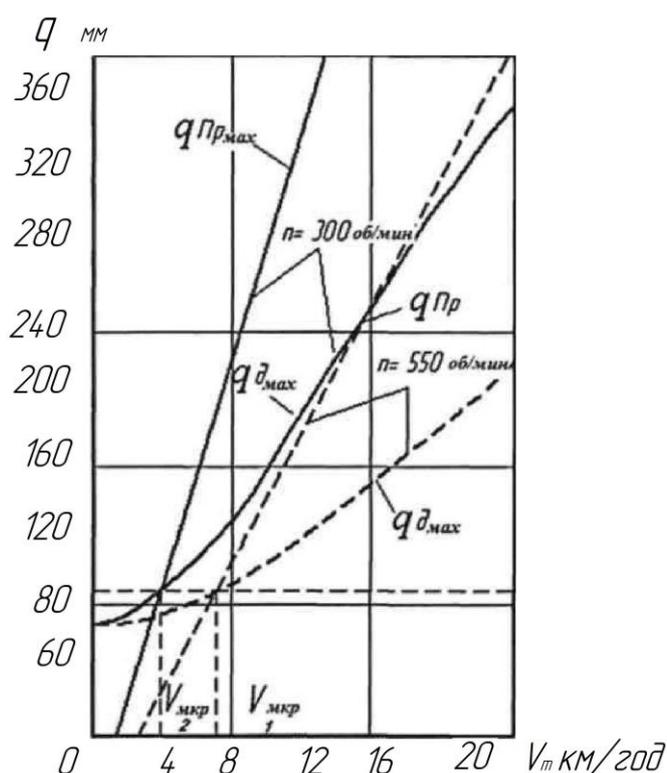


Рис. 2.2. Графіки зміни максимальних відгинів стебел при різних числах оборотів кривошипа у різального апарату нормального типу $S = t = t_0 = 76,2$ мм.

За критичну швидкість руху жнивного агрегату він прийняв швидкість, відповідну точці перетину графіків зміни максимальних значень подовжнього і діагонального відгинів стебел. Величина критичної швидкості залежить від типу різального апарату і від числа оборотів кривошипа в одиницю часу.

З графіків видно, що при швидкостях руху менше критичної таким, що визначає висоту стерні є максимальний діагональний відгин, а на швидкостях

вище критичної максимальні розміри стерні визначаються максимальним подовжнім відгином стебел. Оскільки подовжній відгин стебел з підвищенням швидкості руху жнивarki росте значно швидше за діагональний, то на швидкостях руху, що перевищують критичну, максимальна висота стерні різко зростає.

Щоб не відбувалося погіршення агротехнічних показників, поступальна швидкість руху машини не повинна перевищувати критичну, тобто повинна виконуватися умова [6]:

$$V_M \leq V_{MKP} \quad (2.9)$$

При розгляді процесу різання необхідно враховувати фізико-механічні властивості стебел сільськогосподарських культур, які складаються з клітин, розташованих в певному порядку. Найміцнішими елементами стебла є судинно-волокнисті пучки тканини, що виконують роль арматури стебла, тому різання стебла зводиться до руйнування судинно-волокнистих пучків.

Розподіл судинно-волокнистих пучків у рослин різний: у одних вони розташовані по усьому перерізу стебла, а у інших - по периферії. Отже, умови перерізання стебел різні: в першому випадку, щоб перерізати стебло, ніж повинен пройти через увесь поперечний переріз стебла, а в другому - досить буде перерізати переріз, близький до периферії.

Робоча поверхня більшості різальних елементів виконана у вигляді одностороннього клину. При зрізі стебел умовним клином (кут загострення якого збільшений з кожного боку на кут тертя φ) на нього впливають головні опори, що долаються ножем при різанні: P_0 - опір леза проникненню в стебло, яке залежить від фізико-механічних властивостей стебла, товщини леза і спрямовано перпендикулярно до нього; N і N_1 - сили нормальних тисків зім'ятих волокон стебла, що перерізається на грані клина; $N/\cos\varphi$ і $N_1/\cos\varphi$ - сили нормальних тисків на відповідні грані умовного клина. Для одностороннього клина зусилля різання складає:

$$P = P_0 + N \sin(\gamma + 2\varphi) / \cos^2 \varphi \quad (2.10)$$

З виразу (2.10) слідує, що чим менше товщина леза і менше кут γ тим менше зусилля різання P .

Досліджуючи процес різання сільськогосподарських культур ряд авторів приходять до висновку про зниження зусилля різання від швидкості різання.

М. Р. Цехмистер [17] при дослідженні процесу різання рослин сої копіюючим різальним апаратом з сегментами, що коливаються, приводить дослідні дані по визначенню зусилля різання $P_{різ}$, залежно від швидкості $V_{різ}$ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Значення P_{max} від швидкості різання для апарату нормального різання і апарату з сегментами, що коливаються

Швидкість різання, м/с	Висота зрізу, мм	Діаметр стебла в площині зрізу, 10^{-3} м	$P_{max}, Н$	
			Різальний апарат нормального різання	Експеримент. різальний апарат
0,2			77,2	43,0
0,8			60,0	39,3
1,2	100	2,5-3,0	53,5	33,2
1,6			43,6	29,3
2,0			40,4	25,8
2,4			35,0	22,4
0,2			104,0	75,8
0,8			91,5	67,4
1,2	100	5,0-5,5	87,2	61,0
1,6			80,7	58,3
2,0			72,5	52,8
2,4			63,0	44,6

Експериментальні дослідження показали, що із збільшенням швидкості різання P_{max} зменшується (рис. 2.3). Так, при швидкості різання 0,2 м/с максимальне зусилля зрізу для апарату нормального різання склало $P_{max}=77,2$ Н, а при швидкості 2,4 м/с воно зменшилося до $P_{max}=35$ Н.

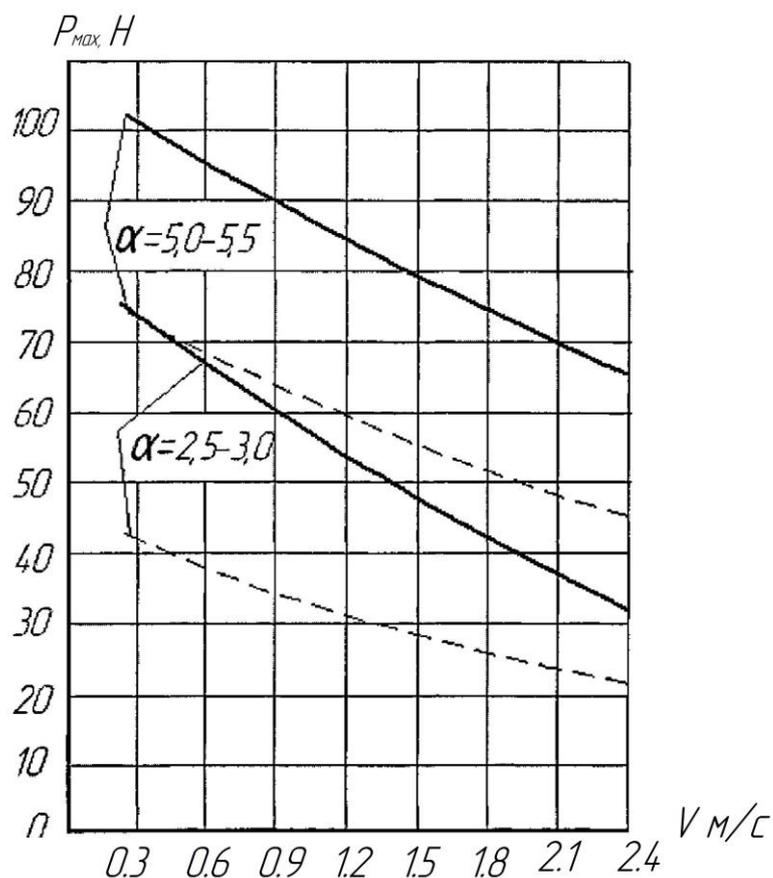


Рис.2.3. Залежність зусилля зрізу P від швидкості різання.

Автор дає зауваження, що при малих швидкостях зрізу (0,2...0,8 м/с) зріз різальним апаратом нормального різання проходив жорстко, з миттєвим заклинюванням стебла в ріжучій парі. Зріз при цьому неякісний, з обривом частин волокон стебла. Також М.Р. Цехместер вказує, що при швидкості різання $V_{різ}$ яка дорівнює 2,4 м/с різниця між зусиллям різання P_{max} у різальних апаратах знижується і складає 13-19 Н. Зріз при високій швидкості різання в обох випадках відбувався рівним, без рваної поверхні.

Загальну картину зменшення P_{max} із збільшенням швидкості леза сегменту автор пояснює тим, що при великих швидкостях різання деформація не устигає поширитися на велику частину стебла, а зосереджується в місці завдання удару лезом, тобто при вищих швидкостях різання пластична деформація не устигає розвинути і руйнування стебла відбувається головним чином за рахунок пружної деформації. Величина ж однієї пружної деформації при більшій

швидкості різання менша, ніж величина суми пружної і пластичної деформації при малій швидкості зрізу.

Так, щоб забезпечити належну якість роботи різальних апаратів, необхідно підвищити швидкість різання. На жниварках, обладнаних кривошипно-шатунним механізмом, швидкість різання можна підвищити за допомогою збільшення числа оборотів кривошипа, проте із збільшенням числа його обертів зростають інерційні зусилля, діючі на ніж, а так само неясно, як поведуться стебла сої, що потрапляють під рубаюче різання в міжпальцевому просторі.

2.2. Коливання рослини сої і розкриття стулок боба при зрізі.

Величезна частина рослин, до яких відносяться більшість сільськогосподарських культур, чинять опір діям, що робляться на них, пасивно. Проте, маючи тонке, але міцне і пружне стебло злаки і бобові (соя) витримують такі навантаження, які не здатні витримати дерева [4, 28].

Вигинаюча дія, що викликана вітром, яка завдяки великій вітрильній поверхні рослини, часто досягає значної величини, примушує рослину створювати свої органи (несучий ствол, або стебло) раціонально, з мінімальною витратою матеріалу. Звідси витікає, що за певних умов стебло рослини повинне розглядатися як балка рівного опору із затисненою основою.

Професор В. Ф. Раздорский [15], розвиваючи науку про механічні принципи рослин, висунув теорію конструкції органів рослини, згідно якої рослини є своєрідними пружинами-ресорами, що працюють на вигин. При порівнянні пружини вигину і стебел рослин, між ними можна знайти багато спільного, наприклад зосередження матеріалу у подовжньої осі при значній довжині, за рахунок чого досягається поглинання енергії ударів роботою пружних деформацій, або необхідна властивість матеріалу пружини - високе значення питомої роботи деформацій в межах пружності.

Проте, на відміну від пружини, стебло рослини - набагато складніша конструкція, створена вкрай раціонально. Міцність стебла обумовлена участю

усіх клітин в утворенні високоміцної конструкції, як механічних (що становлять основу, "скелет" стебла), так і немеханічних, виконуючих роль сполучного матеріалу. Протягом зростання конструкція стебла не залишається незмінною. Будучи живим організмом, рослина розвивається, пристосовується до різних умов, змінюються фізико-механічні властивості стебла [4].

В процесі розвитку стеблом рослини сої виконуються такі функції, як утворення і підтримка бічних відгалужень, листя, бобів; подача в ці органи з коріння води з розчином поживних речовин і переміщення з листя продуктів фотосинтезу до місць споживання. Отже, структура стебла складається з груп тканин, що виконують ці функції.

Утворюючі тканини або мерисистеми знаходяться в точках або зонах зростання - у верхівці стебла і в місцях утворення і зростання бічних відгалужень, листя і бобів. Характеристикою цих тканин є локалізація в декількох точках стебла.

Від зовнішньої дії внутрішні тканини оберігає зовнішня покривна тканина - епідерм, яка зазвичай складається з одного шару живих, дуже щільно зімкнутих клітин. За епідермом розташована наступна група тканин, до складу якої входять арматурні тканини: склеренхіма або коленхіма, або обоє. Ці тканини є складними конструкціями, що складаються з переплетення арматурних провідних тканин і пучків, перемежаються з місцевими порожнечами і тріщинами. Центральну частину стебла займає серцевина, що складається з паренхімних клітин, зазвичай рихло пов'язаних, з м'якими оболонками.

Відмінність в будові усіх численних тканин і клітин обумовлює відмінність і в механічних властивостях. А розташування тканин в поперечному і подовжньому перерізах робить стебло тілом, яке не має властивості ізотропії. Стебло рослини сої є анізотропним тілом, проте складність його будови не дозволяє повністю вирішити питання про дійсний характер його анізотропії. Нескінченну безліч подовжніх, радіальних і

тангенційних перерізів мають на увазі під собою відмінність механічних властивостей стебла.

Так, якщо узяти конструкцію стебла то, з одного боку, забезпечення міцності при статистичних навантаженнях досягається за рахунок малої довжини органів і видалення матеріалу від осі на периферію, з іншого боку, забезпечення міцності при динамічних навантаженнях досягається за рахунок великої довжини органів і зосередження матеріалу у осі. Якщо порівняти конструкцію стебла рослини з фабричною трубою, то виявиться, що відношення висоти до діаметру основи для стебла виявиться значно більше чим для труби. Це показує, що стебло щільніше уздовж його подовжньої осі, що разом зі значною довжиною рослини, забезпечує динамічну міцність конструкції стебла.

Для практичних досліджень найважливішою тканиною є склеренхіма. Професор В. Ф. Раздорский у своїх дослідженнях вказує, що матеріал склеренхіми за своїми характеристиками має одночасно властивості і сталі, і каучуку. Скріплене механічними тканинами і клітинами, переплетене арматурними тканинами стебло рослини є гнучкою, пружною і досить міцною конструкцією [28], отже, при дослідженні процесу різання стебел сої буде необхідно розглядати відгин стебел.

Прийнято вважати, що при русі жнивarki стебла рослин сільськогосподарських культур між кожними двома сусідніми пальцями спочатку відгинаються перпендикулярно бічним поверхням протиризальних пластинів і сегментів ножа один назустріч одному. Ущільнюючись до зіткнення, вони перешкоджають збільшенню розмаху власних коливань, утворюючи пучок, а потім зрізаються. При цьому кількість стебел, що зрізаються, зменшується у міру руху ножа. Це відбувається при збиранні рослин злакових культур, число яких може досягати до 800 штук на 1 м² [20,27] (рис. 2.4).

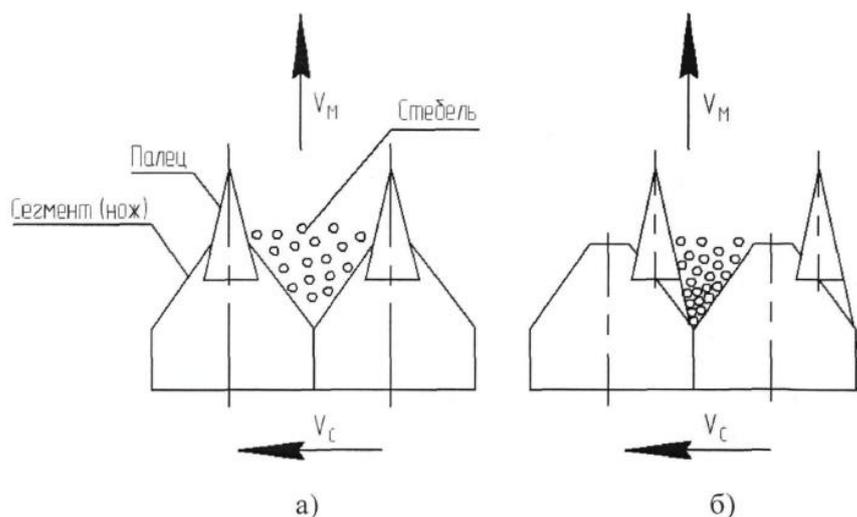


Рис. 2.4. Технологічний процес різання рослин злакових культур:

а - стебла рослин у момент зустрічі з сегментом, б - відгин, ущільнення стебел і початок фази різання, V_M - швидкість руху машини, V_C - швидкість сегментів.

На початку фази різання одночасно зрізаються усі перші стебла, що потрапили в проміжок з моменту початку руху ножа, а потім другі, треті і так далі. Стебла, через велику кількість на 1 м^2 , підпираючи один одного, не мають великої свободи і швидкості коливань і краще зрізаються ножем жнивarki. Пучок стебел, що знаходяться між пальцями різального апарату, має підвищену жорсткість при відгині управо і вліво по ходу жнивarki, оскільки стебла колосами спираються один на одного [28].

У сої ж число рослин на одному квадратному метрі менше в рази і коливається від 20 до 80 штук. Конструктивні особливості сегментно-пальцевого різального апарату нормального різання і низька щільність рослин сої сприяють тому, що стебло рослини сої залежно від розташування на поверхні поля може значно відгинатися в подовжньому і поперечному напрямках до моменту зустрічі з протирізальним пальцем, а потім зрізатися (рис. 2.5).

В результаті наданого ножем прискорення рослина сої починає рухатися разом з ножем, внаслідок чого відбувається зміна швидкості і прискорення руху

стебел з бобами сої, при цьому виникаючі сили інерції насіння, діючі зсередини, розкривають стулки бобів [5].

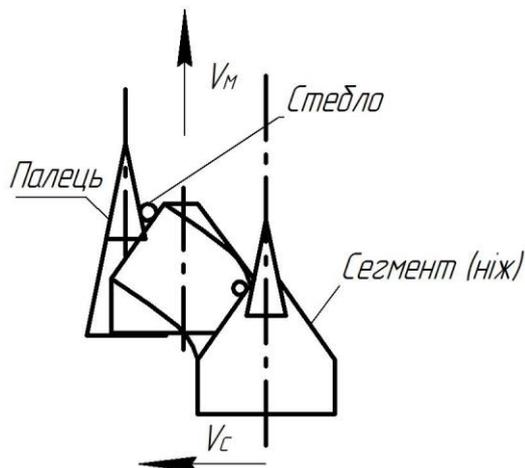


Рис. 2.5. Технологічний процес різання рослини сої : V_m - швидкість руху машини, V_c - швидкість сегментів.

Дослідження деформацій і руйнування сільськогосподарських матеріалів ударом має велике наукове і прикладне значення для вирішення проблем механічної технології сільськогосподарських середовищ і матеріалів, для розрахунку і проектування робочих органів сільськогосподарських машин і знарядь, що працюють за принципом удару [28].

На жниварках зернозбиральних машин встановлений різальний апарат нормального різання з одинарним пробігом ножа. Цей апарат пристосований головним чином для збирання колосових культур, які за своїми фізико-механічними властивостями сильно відрізняються від рослин сої. Проте на сьогодні він є найпоширенішим серед усіх існуючих типів різальних апаратів і застосовується в більшості збиральних машин (косарки, комбайни, валкові жниварки та ін.) завдяки простоті конструкції, надійності в роботі і низькій вартості запчастин.

Опис зрізу рослин ножем жнивної машини дав у своїх працях академік В. П. Горячкин [6]. Він розглядав зріз як процес зіткнення рухливого тіла (ножа) з нерухомим (стебло). Коли ніж рухається повільно, наближаючись до своїх крайніх положень, стебло відгинається убік і перерізається (рис. 2.6). Якщо ж

ніж рухається з максимальною швидкістю біля свого середнього положення, стебло також відгинається убік до тих пір, поки його пружний опір не зробиться рівним зусиллю перерізання стебла. Отже, при повільному ударі по пружному стеблу, затиснутому вниз, увесь стержень коливатиметься цілком, а при більш швидкому ударі та при малій тривалості удару, коливання не встигнуть дійти до верхівки стебла.

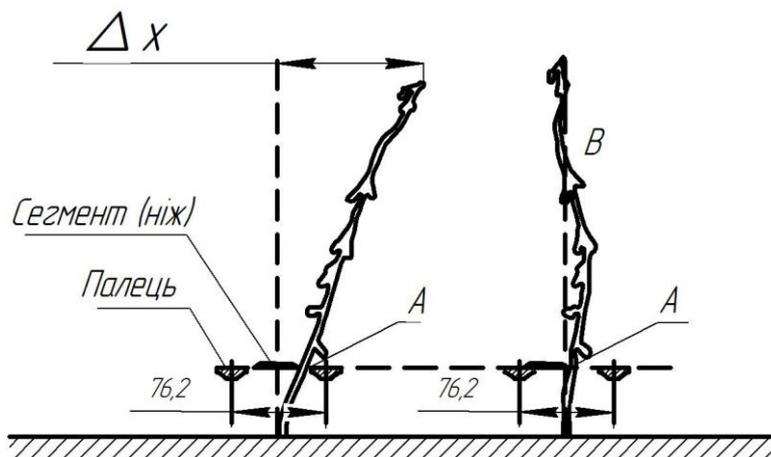


Рис. 2.6. Зріз рослини сої

Пояснюється це тим, що при швидкому ударі в деякій точці утворюється вузол B , який служитиме разом з A як би другою опорною точкою. Тобто, за допомогою великої швидкості ножа створюється пружна жорсткість стебла і друга опора на висоті, яка тим менше, чим швидше удар, а отже, буде потрібно і менше відхилення стебла ΔX [5].

Коли немає безпосереднього підпору, зусилля зрізу $P_{зр}$ поглинається опором стебла відгину $P_{відг}$ і силою його інерції $P_{ін}$ (рис. 2.7). Тому при великій швидкості різання ножом сегментно-пальцевого апарату нормального різання стебло підтримується не пальцями, а пружною силою інерції $P_{ін}$, тобто зріз відбувається без підпору. При цьому сили інерції насіння F_1 та F_2 спрямовані убік протилежний до сили інерції стебла $P_{ін}$.

Під дією ножа жнивarki центр тяжіння стебла сої описує дугу, і відхиляючись, починає коливатися. Боби сої разом із стеблом так само здійснюють коливальні рухи в різних напрямках з певною швидкістю, тоді як

вільно розташовані в них насінини, які мають кулясту форму, відстають від руху стебла і стулок. Як наслідок між стулками бобів і насінням сої виникає удар. Напруга в зоні контакту досягає такої величини, при якій стулки деформуються і розкриваються, при цьому кожна стулка, скручуючись, сприяє розкиданню насіння за межі платформи жнивarki [5].

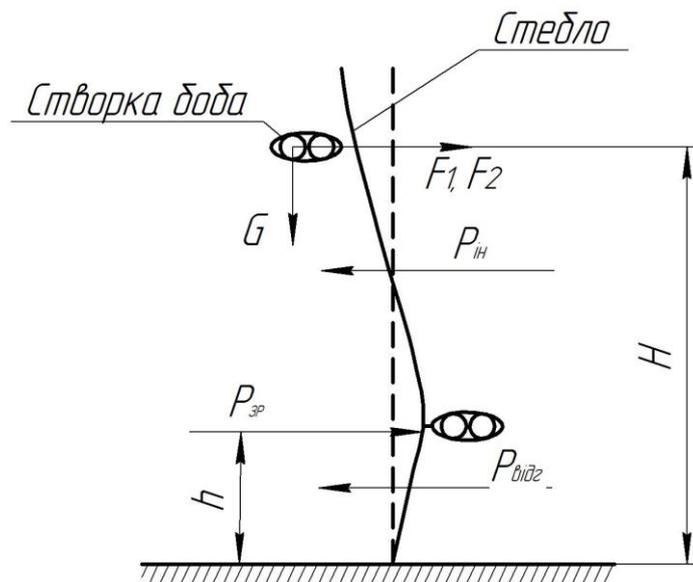


Рис. 2.7. Схема сил, діючих на рослину сої при зрізі:

$P_{зр}$ - зусилля зрізу; $P_{відг}$ - опір стебла відгину; $P_{ин}$ - сила інерції стебла; F_1, F_2 - сили інерції насіння; G - вага насінини; H - висота прикріплення боба; h - висота зрізу.

Імпульс $P_{зр}$ створює хвилю, що рухається вздовж стебла. Ця хвиля несе енергію пружних коливань від місця збудження цих коливань, уздовж стебла до бобів з насінням сої. Якби насіння сої було закріплене абсолютно жорстко, то воно могло б переміщатися разом з бобом. Насправді ж швидкість поширення імпульсів деформацій швидкостей стебла з бобами сої залежить від пружних властивостей стебла.

Коли рослині сої передається механічний імпульс, енергія від руху і деформацій стебла з бобами сої передається насінню сої. Механічний імпульс викликає рух насіння, що знаходиться в бобах. Рух викликає деформацію дотичних до нього стулок. Характер і швидкість руху стебла з бобами сої

залежить від характеру механічного імпульсу, швидкості різання, місця зустрічі стебла з ножом по ширині міжпальцевого простору і пружних властивостей стебла.

Як відзначалося вище, при великій швидкості різання стебло підтримується не пальцями, а пружною силою інерції P_{in} отже, для опису процесу коливання рослини сої розглянемо зріз вільностоячого стебла. При цьому, стебло нами розглядатиметься як затиснена одним кінцем балка, з одним ступенем свободи. З огляду на те, що стебло є складною конструкцією, тілом рівного опору вигину, вважатимемо його площу поперечного перерізу постійною.

Враховуючи зроблені припущення, вирішимо завдання про переміщення системи із зосередженої в точці прикладення сили $P_{зр}$ масою m_{np} під дією вказаної сили, що змінюється в часі $P_{зр}\Delta t$. Рівняння руху такої системи:

$$F_{np} - P(t) = F_{in} \quad (2.11)$$

де F_{np} - сила пружності, відповідна пружному переміщенню чи жорсткість системи; F_{in} - сила інерції еквівалентної системи: $F_{in} = m_{np} \frac{d^2 y}{dt^2}$

Вносячи значення до рівняння (2.1) отримаємо:

$$F_{in} = m_{np} \frac{d^2 y}{dt^2} = P(t) \quad (2.12)$$

або:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} - \omega^2 y = \frac{1}{m} P(t) \quad (2.13)$$

де: $\omega = \sqrt{\frac{F_{np}}{m}}$ - частота коливань.

При ударі по стеблу останньому повідомляється імпульс: $P\Delta t = m_{np} \Delta V$

В цьому випадку рівняння (2.12) має наступне вирішення:

$$y = \frac{m_{np} V}{M \omega} \text{Sin} \omega t \quad (2.14)$$

де y - переміщення точки приведення маси стебла, тобто прогин в місці удару;

$M = m_{np} + m$ (m - приведена до точки удару маса ударяючого тіла).

ω - частота коливань системи:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{M\lambda}} \quad (2.15)$$

де λ - переміщення у напрямі діючої сили за умови, що остання дорівнює одиниці (так зване одиничне переміщення).

В результаті удару по стеблу сили інерції, що з'явилися, відхиляють його від того положення, яке він прагнув зайняти (рис. 2.8).

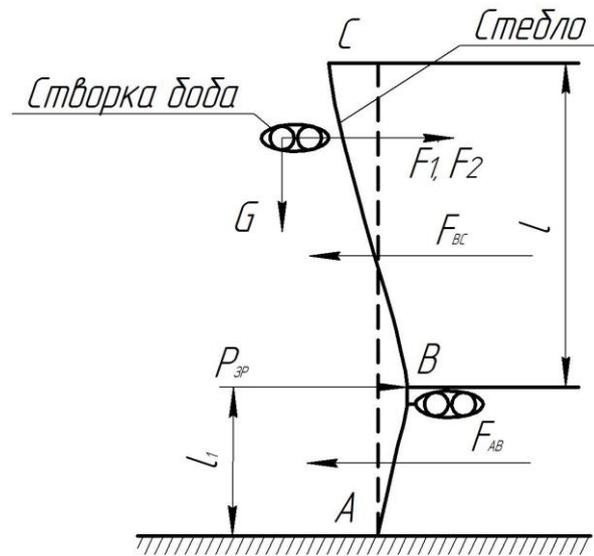


Рис. 2.8. Схема сил, діючих на рослину сої при зрізі:

зусилля зрізу $P_{зр}$, F_{AB} - сила інерції стебла для ділянки AB , F_{BC} - сила інерції стебла для ділянки BC , $F_1 F_2$ - сили інерції насіння, G - вага насінини, l - довжина ділянки BC ; l_1 - довжина ділянки AB .

Величина сили інерції обчислюється таким чином. Елементарна сила інерції нескінченно малої ділянки стебла:

$$dF = \frac{q}{g} \cdot \frac{d^2 y}{d \cdot t} dx \quad (2.16)$$

де q - вага одиниці довжини стебла :

$$q = \frac{G}{l}$$

де G - вага стебла, l - довжина стебла.

Повні сили інерції :

$$F_{AB} = -\int_0^4 \frac{q \cdot 3x^2}{g \cdot 2l_1^3} \left(h_1 - \frac{x}{3}\right) \frac{m_{np} \cdot V\omega}{M} \sin \cdot dx = -\frac{3m_{np}ql_1}{8M} V\omega \sin \omega t \quad (2.17)$$

$$F_{BC} = -\int_4^1 \frac{q}{g} \left(\frac{3x}{2l_1} - \frac{1}{2}\right) \frac{m_{np}V\omega}{M} \sin \omega t \cdot dx = \frac{q}{g} \left(\frac{3l^2}{l_1} - 2l - l_1\right) \frac{m_{np}V\omega}{M} \sin \omega t \quad (2.18)$$

Звідси максимальні сили інерції :

$$F_{AB_{\max}} = \frac{3m_{np}ql_1V\omega}{8Mg} \quad (2.19)$$

$$F_{BC_{\max}} = \frac{m_{np}q}{4Mg} \left(\frac{3l^2}{l_1} - 2l - l_1\right) V\omega \quad (2.20)$$

де m_{np} - маса, зосереджена в точці прикладення сили Pzr, q - вага одиниці довжини стебла, M - маса рівна сумі m_{np} і m (m - приведена до точки удару маса ударяючого тіла), g - прискорення вільного падіння, l довжина ділянки висота зрізу, довжина ділянки AB , ω - частота коливань системи, V - швидкість ударяючого тіла.

2.3. Обґрунтування параметрів і режимів роботи сегментно-пальцевого різального апарату нормального різання на збиранні сої.

І.Ф. Василенко [17] вказував, що при збільшенні швидкості ножа змінюється об'єм матеріалу, що залучається до деформації, яка не устигає поширитися на великий об'єм. Він встановив, що для зрізу потрібний деякий проміжок часу t , залежний від швидкості ножа і діаметру рослини. Визначимо швидкості різання за умови, що діаметр стебла $d \gg 0$. Для цього необхідно визначити координату початку x_H і кінця різання x_K (рис. 2.9).

$$x_H = t_0 - \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{d}{2} \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{a_1}{2}) + \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{a_2}{2}) \right] \quad (2.21)$$

де: $\frac{a_1 + a_2}{2} = a_0$, $\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{a_1}{2}) + \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{a_2}{2}) = A$

Отже координати початку різання :

$$x_H = t_0 - a_0 - \frac{d}{2} A \quad (2.22)$$

Координата кінця різання:

$$x_K = t_0 \frac{b_1 + b_2}{2} = t_0 - b_0 \quad (2.23)$$

Швидкість леза визначиться:

$$V = \omega S \sqrt{\frac{x}{s} \left(1 - \frac{x}{s}\right)} \quad (2.24)$$

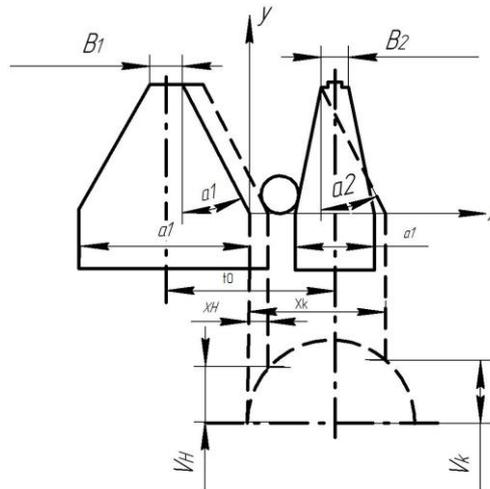


Рис. 2.9. Визначення початкової і кінцевої швидкості різання для різального апарату нормального типу з одинарним пробігом ножа.

Знаючи координати початку і кінця різання можна визначити швидкості сегмента

$$V_H = \omega S \sqrt{\frac{t_0 - a_0 - \frac{d}{2} A}{S} \left(1 - \frac{t_0 - a_0 - \frac{d}{2} A}{S}\right)} \quad (2.25)$$

$$V_K = \omega S \sqrt{\frac{t_0 - b_0}{S} \left(1 - \frac{t_0 - b_0}{S}\right)} \quad (2.26)$$

де S - хід ножа.

З формул (2.25) і (2.26) випливає, що в процесі зрізу товстого стебла швидкість початку зрізу залежить від його діаметру, а швидкість кінця зрізу - від конструктивних і кінематичних параметрів роботи різального апарату. При деформації стебла в процесі зрізу, втім, як і при деформації усіх реальних тіл, не можна не враховувати час зрізу.

Визначимо час зрізу стебел в розхилі лез:

$$t_{cp} = t_K - t_H \quad (2.27)$$

де t_H - час початку різання.

t_K - час кінця різання. Величина t_H визначиться:

$$t_H = \frac{1}{\omega} \arccos \left(1 - \frac{2t_0 - 2a_0 - Ad}{S} \right) \quad (2.28)$$

де d - діаметр стебла, t_0 - відстань між центрами пальців, S - хід ножа.

Час кінця різання :

$$V_K = \frac{1}{\omega} \arccos \left(1 - \frac{2t_0 - 2b_0}{S} \right) \quad (2.29)$$

Отже, час зрізу t_{cp}

$$t_{cp} = \frac{1}{\omega} \left[\arccos \left(1 - \frac{2t_0 - 2b_0}{S} \right) - \arccos \left(1 - \frac{2t_0 - 2a_0 - Ad}{S} \right) \right] \quad (2.30)$$

Час зрізу поодинокого стебла :

$$T_{cp} = \frac{d}{V \cos \alpha} \quad (2.31)$$

де V - швидкість різання.

Від величини T_{cp} безпосередньо залежить відгин стебла: чим більше T_{cp} , тим більше відгин стебел в процесі зрізу. Якщо за час зрізу стебла - T_{cp} різальний апарат переміщається по полю з швидкістю V_M , то за час від початку різання і до його кінця стебло буде відігнуто в подовжньому напрямі на величину γ .

$$\gamma = V_M \cdot T_{cp} \quad (2.22)$$

Якщо уявити, що у протирізальній пластини розташовується група послідовно розташованих стебел числом n , то час їх зрізання складе

$$t_{cp} = \sum_1^n T_{cp}$$

Отже, для зменшення величини T_{cp} необхідно зменшувати t_{cp} . Таким чином, як показують формули (2.30) і (2.32), зменшити коливання і відгин стебел рослин сої при зрізі можна за рахунок:

- 1) зменшення подачі $h = \frac{30V_m}{n}$ на хід ножа;
- 2) збільшення швидкості різання (за рахунок зміни конструкції апарату або збільшення числа оборотів кривошипа).

2.4. Висновки

1. Для зниження коливань рослин сої при ударі і забезпечення найбільш низького зрізу треба зменшити відгин рослин сої за рахунок зменшення подачі, оскільки при зниженні подачі на хід ножа збільшується число ходів ножа на площу різання. Крім того, при зменшенні подачі знижується ударна дія жниварки комбайна на рослини сої.

2. Збільшення швидкості ножа також дозволить понизити ударну дію на рослини сої, оскільки при швидкому його русі деформація стебла зосереджується, головним чином на поверхні, в місці дії леза, за рахунок збільшення інерції волокон стебла, що створює так званий "інерційний підпір".

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Відповідно до поставлених завдань і результатів теоретичних досліджень програма робіт передбачала вирішення наступних задач:

1. Дослідження фізико-механічних властивостей рослин, бобів і насіння сої, що впливають на втрати за жаткою зернозбирального комбайна.
2. Оцінка впливу механічного травмування насіння на розвиток і продуктивність рослин сої.
3. Проведення моделювання і розробка методики зрізу поодиноких стебел рослин сої.
4. Дослідження явища зрізу рослин сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання.
5. Дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жатньою частиною зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич".

3.1 Методика проведення лабораторно-польових досліджень фізико-механічних властивостей рослин сої.

Для визначення розміщення рослин уздовж рядка на ділянці по діагоналі в двадцяти п'яти рівновіддалених місцях вимірювали відстані між рослинами на двох погонних метрах рядка. На кожній ділянці були зроблені виміри з 100 м. Розміщення по ширині характеризували відхиленням окремих рослин від осьової лінії рядка [9].

Середнє число рослин на 1 м визначали по формулі

$$n = \frac{N}{b \cdot m} \quad (3.1)$$

де N - число рослин на усіх погонних метрах; b - ширина міжряддя, м; m - число погонних метрів, на яких підраховані рослини.

Визначення геометричних розмірів бобів і насіння сої здійснювалося відповідно до методики [9], а відбір середніх проб насіння і складання виділених навісок з середньої проби згідно ГОСТ 12036-85, ГОСТ 12037-81.

Середній зразок з навісок насіння брали методом хрестоподібного ділення.

При визначенні розмірних характеристик бобів, зібраних з рослин, здійснювався їх розподіл на групи: однонасінні, двонасінні і тринасінні. Проба бобів складала 500 штук і виділялася методом хрестоподібного ділення.

Статистичні характеристики обчислювалися способом умовного середнього. При цьому способі усі дані ранжирують, виділяють групи з певним інтервалом, визначають частоту, тобто число членів в кожній групі варіаційного ряду.

Отримані варіаційні ряди розмірів бобів сої розбивали на класові проміжки по формулі [15]

$$i = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,321 \lg n} \quad (3.3)$$

де i - величина класового проміжку; x_{\min} та x_{\max} - максимальні і мінімальні варіанти сукупності; $\lg n$ - десятковий логарифм загального числа варіант цієї сукупності.

Середнє арифметичне значення розміру бобів x , середнє квадратичне відхилення σ і коефіцієнт варіації ν визначали по формулах:

$$x = \frac{\sum f \cdot x_i}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n-1}}; \quad \nu = \frac{\sigma}{x} 100\% \quad (3.4)$$

Розміри бобів визначали за допомогою штангенциркуля з точністю до 0,001 м, а довжину лінії стику стулок боба визначали курвиметром (рис. 3.2).

Курвиметр призначений для виміру звивистих ліній і має обвідне колесо, яке системою зубчастих передач сполучене із стрілкою. При обертанні зубчастого колеса по межі стулки, стрілка рухається за шкалою. На шкалі нанесені поділки від 0 до 100, шкала проградуєвана в сантиметрах. Погрішність виміру приладу не перевищує 0,5%.



Рис. 3.2. Прилади для виміру розмірів бобів

У групах одно-, дво- та тринасінних бобів проводили зважування кожного боба, обмолочували їх, обводили стулку на аркуші паперу і вимірювали її межу курвиметром. Потім дані вимірів заносили в таблицю і визначали два коефіцієнти

$$K_{m\bar{b}} = \frac{m_c}{m_{\bar{b}}}, \quad (3.5)$$

де $K_{m\bar{b}}$ - коефіцієнт маси боба; m_c - маса насіння, г; $m_{\bar{b}}$ - маса боба, г.

$$K_{ств.\bar{b}} = \frac{m_{\bar{b}}}{L_{ств}}, \quad (3.6)$$

де $K_{ств.\bar{b}}$ - коефіцієнт стулок боба; $L_{ств}$ - довжина стулок боба по вимірній межі.

Лінійні розміри насіння: довжину, ширину і товщину вимірювали індикатором ИЧ-10 з межею виміру від 0 до 10 мм і точністю 0,01 мм (рис. 3.3).

За допомогою решіт насіння розподіляло по фракціях і проводило виміри. За результатами вимірів будувалися емпіричні і теоретичні криві розподіли по довжині, товщині, ширині і коефіцієнту сферичності з наступною статистичною обробкою.

Коефіцієнт сферичності визначали по формулі:

$$K_{сф} = \frac{\sqrt{a \cdot b}}{l}, \quad (3.7)$$

де a, b, l - відповідно ширина, товщина і довжина насінини, м.

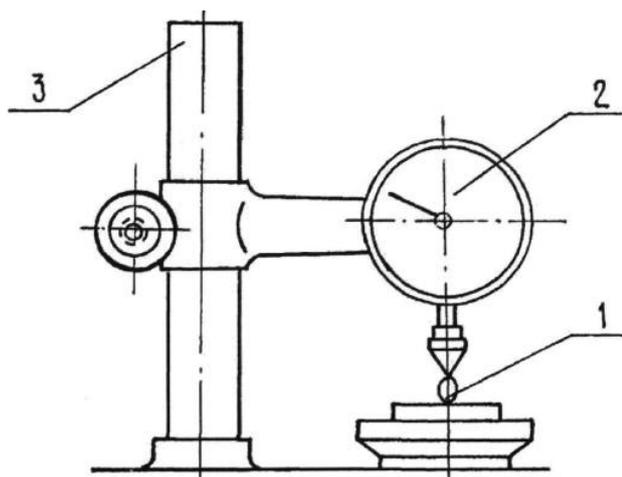


Рис. 3.3. Прилад для виміру лінійних розмірів насіння:

1 - штатив, 2 - індикатор, 3 - насіння сої.

Визначення маси бобів і насіння здійснювали на електронних вагах ВЛТЭ- 500 (рис. 3.4) з точністю до 0,01 г.



Рис. 3.4. Електронні ваги ВЛТЭ-500

3.2 Методика дослідження впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність рослин сої.

У проведених дослідах нами було використане насіння сортів "Октябрь-70" і "Соната", обмолочених ручним способом з бобів. Вага тисячі насінин склала у сорту "Соната" 95,8 г, а у сорту "Октябрь-70" - 117 г. На дослідній ділянці поля насіння висівалося в чотири рядки по 100 шт. в кожний, з відстанню

між рядками 0,45 м, а між насінням в рядку - 0,07 метра. Висів насіння здійснювався на глибину 0,03 м. У перший і третій ряд висівалося насіння, що має одне мікроушкодження в області зародка. У другий і четвертий висівалося ціле насіння (контроль).

3.3 Методика лабораторних досліджень зрізу рослин сої методом моделювання реального процесу.

При перерізанні стебел сої різальним апаратом під дією удару викликається хвиля, що поширюється по усьому стеблу. Під впливом виникаючих хвиль стебло набуває особливої жорсткості, внаслідок чого воно не згинається, а перебивається ударом. Для нас представлялося важливим прослідкувати, що відбувається із стеблом після перерізання, щоб визначити експериментальним шляхом, виключаючи дію мотовила, по яких траєкторіях переміщуються поодинокі стебла залежно від швидкості різання і швидкості руху комбайна. Ці дослідження допоможуть якнайповніше охарактеризувати роботу різального апарату, його вплив на рослини сільськогосподарських культур, а також допоможуть при проведенні розрахунків про міру корисності мотовила.

Моделювання проводилося на спеціально виготовленій експериментальній установці (рис. 3.5) з метою вивчення впливу деяких конструктивних і кінематичних параметрів сегментно-пальцевого різального апарату жатки на рослини сої в умовах, близьких до збирання зернозбиральним комбайном.

Привід установки здійснювався від електродвигуна 2 через редуктор, який дозволяв змінювати частоту обертання кривошипного валу в межах від 50 до 600 оборотів за хвилину, що відповідає швидкості ножа 0,2-2,5 м/с.

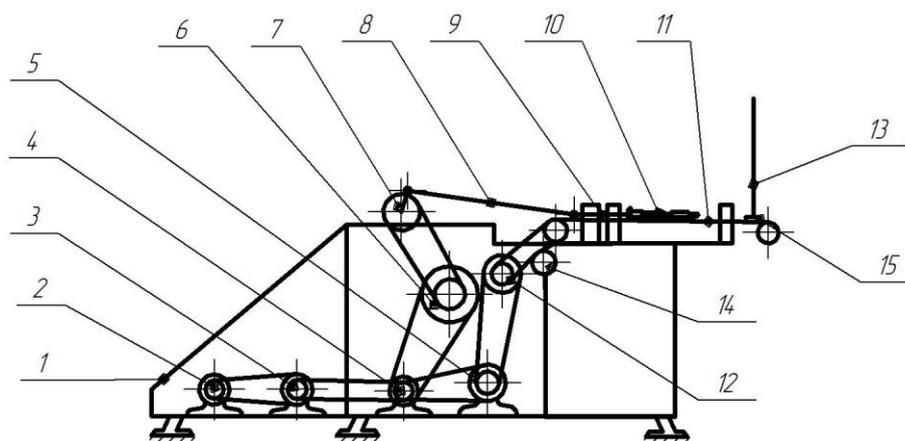


Рис. 3.5. Схема лабораторної установки по дослідженню різального апарату :
 1 - рама; 2 - електродвигун; 3 - редуктор; 4, 5 - контрприводи; 6, 12 - варіатори;
 7 - кривошип; 8 - шатун; 9 - коромисло; 10 - змінний різальний апарат;
 11 - подаючий транспортер; 13 - стебло; 14 - механізм включення приводу
 транспортера, 15 - планка транспортера.

Регулювання частоти обертання кривошипного валу здійснювалось за допомогою варіатора. Від цього ж електродвигуна здійснювалася передача на приводний валик живлячого транспортера, до якого кріпилася планка із стеблами, що подаються в розхил різальної пари по центру (рис. 3.6). Швидкість обертання приводного валика змінювалася за допомогою змінних шківів, а регулювання частоти його обертання здійснювалось за допомогою варіатора.

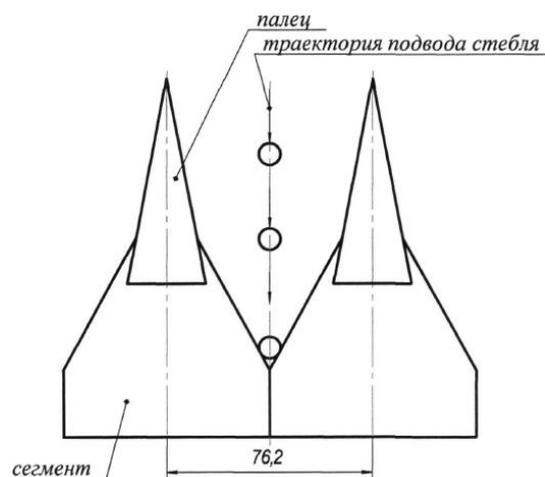


Рис. 3.6. Траектория підведення стебла до різальної пари для максимальної швидкості сегменту

Закріплення стебел відбувалося шляхом установки їх в отвори планок, які розташовані на стрічці транспортера.

При проведенні експерименту використовувалися стебла заввишки 500 ± 50 мм і діаметром 4 ± 1 мм, однакової маси. Для кожного стебла знаходився центр мас, на якому прикріплявся світлодіод, що дещо змінює загальну масу стебла (1,5%).

За допомогою відеокамери була проведена відеозйомка стократною повторністю для кожного режиму роботи різального апарату, тобто при значеннях частоти обертання кривошипа - 300, 400 і 500 об/хв і відповідно до швидкості транспортера 1,0 м/с, 1,5 м/с і 2,0 м/с.

3.4 Методика застосування високошвидкісної цифрової відеокамери при моделюванні зрізу рослин сої сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання.

Раніше було відмічено, що у момент зрізу і транспортування рослини сої неодноразово піддаються ударним навантаженням, внаслідок чого боби сої, що втратили міцність зважаючи на низьку відносну вологість повітря розтріскуються, а насіння або обсипається на землю, або скочується з платформи жнивarki.

Для вивчення роботи зернозбирального комбайна на збиранні сої нам було необхідно зафіксувати високошвидкісні тисячні частки секунди процесів, що відбуваються в жниварці комбайна за допомогою швидкісної відеокамери (рис. 3.7), а потім зрозуміти природу їх виникнення.

Ця швидкісна цифрова відеокамера Fastvideo-200, зроблена на базі 10-бітової монохромної або кольорової КМОП-матриці формату 1/2" з дозволом 640 x 480 і прогресивною розгорткою, дозволяла нам реєструвати відеосигнал з частотою 200 кадрів в секунду при максимальному дозволі.

Пропорційне підвищення частоти сканування здійснювалося нами зменшенням дозволу: для області розміром 320 x 240 отримували до 750 кадрів в секунду, а для області 160 x 120 - до 2700 кадрів в секунду. У онлайні підвищення

частоти кадрів при зменшенні розміру картинки відбувалося автоматично, якщо не була зафіксована необхідна частота сканування.

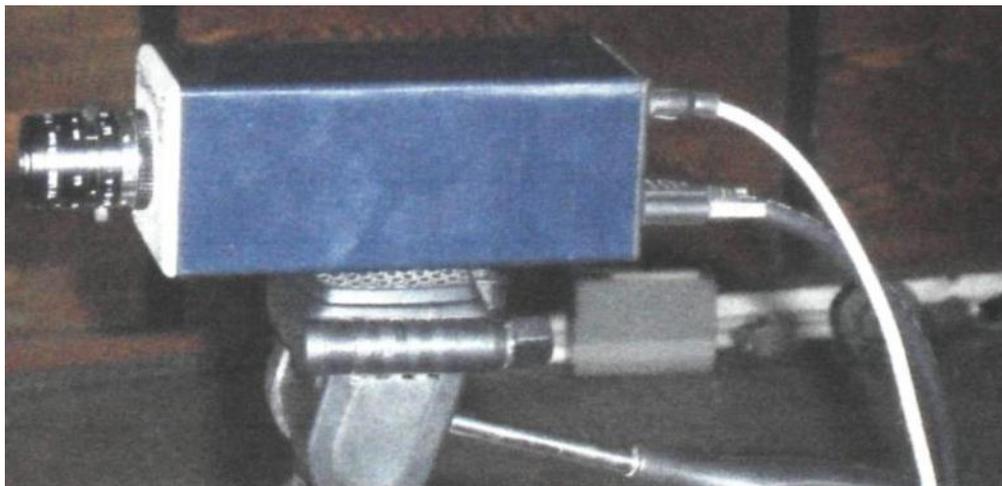


Рис. 3.7 Швидкісна цифрова відеокамера Fastvideo-200

Передача даних камерою під час швидкісної відеозйомки в безперервному режимі з швидкістю до 585 мегабіт в секунду відбувалося за допомогою кабелю Camera Link в оперативну пам'ять комп'ютера через фреймграббер.

Для вивчення роботи жнивarki в реальних умовах на збиранні сої використовувалася мобільна система відео реєстрації швидкісних процесів на базі швидкісної відеокамери Fastvideo-200 і ноутбука. При цьому забезпечення безперервного запису в оперативну пам'ять ноутбука здійснювалося через фреймграббер, який вставлявся в роз'єм ExpressCard/54.

Управління усіма параметрами швидкісної камери, а так само налаштуваннями для проведення зйомки здійснювалося за допомогою стандартного програмного забезпечення Fastvideo Lab. За допомогою програмного забезпечення ми здійснювали як безперервний перегляд серії кадрів із заданою швидкістю, так і покадровий перегляд. Отримані зображення зберігалися нами на диск комп'ютера у форматі BMP або записувалися у вигляді AVI -файла.

За допомогою швидкісної цифрової відеокамери для вивчення впливу роботи сегментно-пальцевого апарату нормального різання з одинарним

пробігом ножа на рослини сої і встановлення факту розкриття стулок боба при зрізі нами було проведено моделювання зрізу рослин сої на експериментальній установці, що є рамою, на якій змонтований різальний апарат (рис. 3.8).

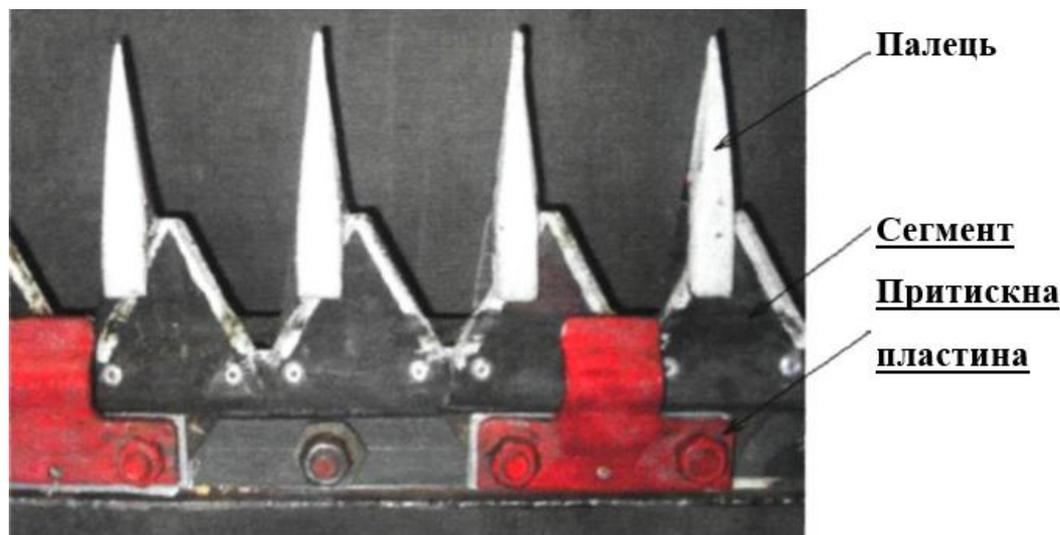


Рис 3.8. Різальний апарат лабораторної установки

Подача рослин сої проводилася по центру різальної пари живлячим транспортером, до якого кріпилася планка з отворами для кріплення рослин (рис. 3.9).

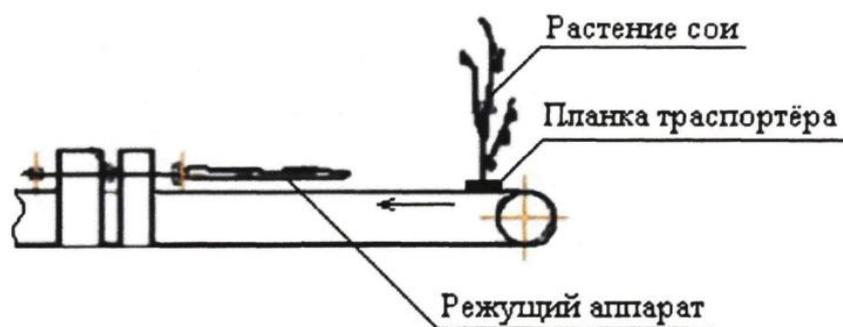


Рис. 3.9. Подача рослин сої до різального апарату

Планка із стеблами (рис. 3.10) кріпилася на стрічку транспортера і за допомогою електродвигуна, подавалася в розхил різальної пари (рис. 3.11). При проведенні експерименту використовувалися стебла заввишки 0,5-0,7 м і діаметром $0,005-0,008 \pm 0,001$ м, однакової маси.

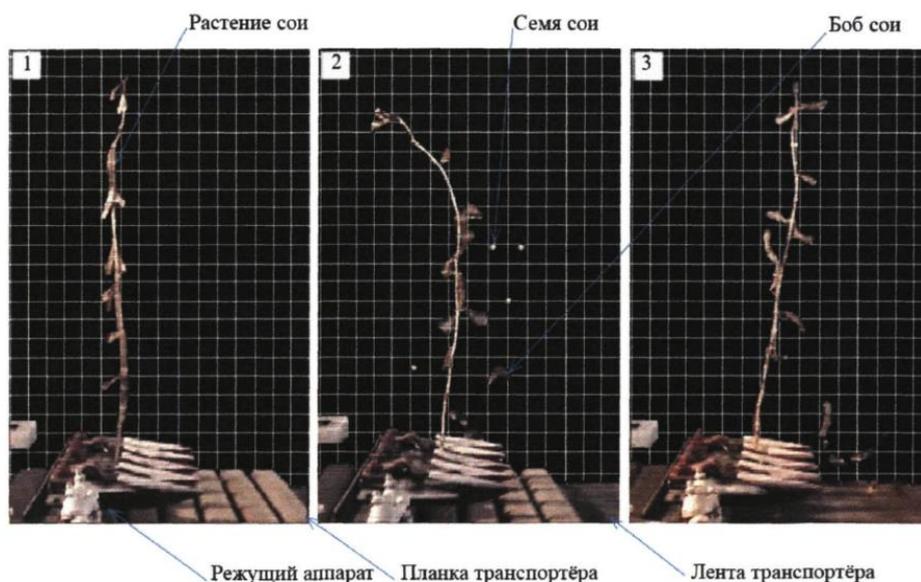


Рис. 3.11. Кадри відеозйомки зрізу рослини сої при швидкості різання 2 м/с і швидкості транспортера 2,0 м/с: 1 - рослина сої у момент зустрічі з сегментом різального апарату; 2 - удар, деформація, розкриття ступок бобів, обрив боба; 3 - зріз рослини.

Подача рослин сої живлячим транспортером в розхил різальної пари здійснювалася по трьох зонах А, В, С (рис. 3.11).

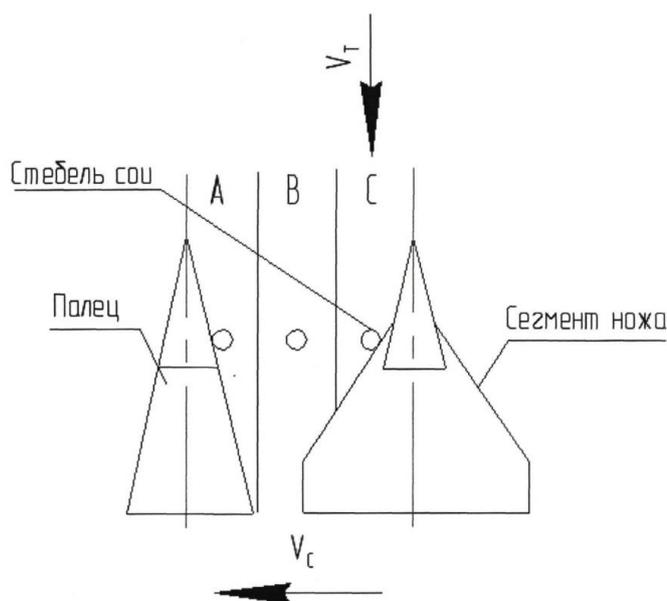


Рис. 3.11. Схема підведення рослини сої до різального апарату:

V_C - швидкість сегменту, V_T - швидкість подачі живлячого транспортера, А, В, С - зони зрізу рослин : А - найбільш сприятлива, В - менш сприятлива, С - несприятлива.

За допомогою відеокамери була проведена відеозйомка стократної повторності для кожного режиму роботи різального апарату. Досліди проводили при швидкостях різання від 0,5 м/с до 2,4 м/с.

3.5 Методика дослідження втрат сої за жнивваркою

Контроль якості роботи комбайнів на збиранні сої є важливою частиною загальної організації проведення прибиральних робіт. При проведенні вимірів користувалися методикою ГОСТ 28301-89. Комбайни зернозбиральні. Методи випробувань.

На полі уздовж прокосів розміщували рамки розміром 100x100 см виділивши десять майданчиків з обох боків робочої ширини захвату жнивварки (рис. 3.12). Для цього натягували шпагат по ходу руху комбайна на відстані $A=1$ м від країв скошеною жнивваркою частини поля. У місцях I, II, III, IV забивали кілки, заввишки 50 см. Уздовж шпагату, починаючи від крайніх кілків I, II, III, IV на відстані B (ширина захвату жнивварки) накладали рамки розміром 100x100 см. У середині рамки, розташованої на поверхні скошеної смуги, збирали в окремі місткості вимолочене і опале зерно, обірвані боби і боби, які залишилися на стерні.

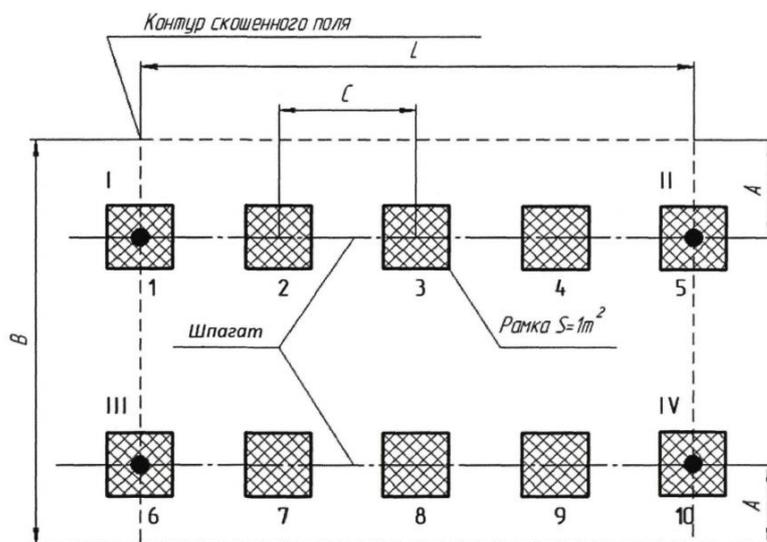


Рис. 3.12. Схема накладання рамок на скошену ділянку поля: A - відстань від подільників жнивварки $A=1/4B$, B - ширина майданчика, рівна робочій ширині захвату жнивварки, C - відстань між майданчиками, L - довжина вибраного майданчика.

У лабораторних умовах проводили обробку зібраних втрат, вимолочувавши і зважуючи кожен пробу окремо, а потім усереднювали отримані результати. Підсумовуючи зібрані втрати по видах (при цьому зерно з бобів вимолочували і підсумовували окремо), отримали втрати насіння в бобах і вимолоченому зерні на площі 10 м².

Величину втрат насіння, що виявилось на поверхні ґрунту, у вигляді вимолочених зерен і в бобах на стерні після проходу комбайна, визначали з наступної залежності

$$П = \frac{Д}{А} 100\% \quad (3.8)$$

де $А$ - біологічна врожайність сої на момент збирання, г/м ;

$Д$ - загальна маса втрат зерна з 1м², г.

$$Д = Б + В + Г \quad (3.9)$$

де $Б$ - маса насіння сої що знаходяться в обірваних бобах на ґрунті, г/м²;

$В$ - маса насіння сої що залишилися в бобах на стерні, г/м²;

$Г$ - маса вимолоченого насіння, що знаходяться на ґрунті, г/м².

3.6. Методика визначення біологічної врожайності.

Визначення біологічної врожайності проводилося згідно ГОСТ 28301-2007. Комбайни зернозбиральні. Методи випробувань та ГОСТ 20915-75. Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов випробувань.

Для проведення вимірів при визначенні висоти рослин, втрат зерна від самоосипання, відношення маси зерна до маси соломи, біологічної врожайності і засміченості бур'янами на полі уздовж усього прокошу за допомогою рамки 100x100 см, відступивши на 100 см в нескошену масу, виділили десять майданчиків (по п'ять майданчиків на кожній стороні прокошу). У середині рамки на кожному майданчику підраховували природні втрати шляхом збору зерна на землі. У двадцяти рослин, вибраних випадково, вимірювали висоту в природному стані.

Середні втрати зерна від самоосипання в грамах всередині рамки обчислювали за формулою

$$q_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{ei} \quad (3.10)$$

де q_{ei} - маса зерна, зібраного з i -го облікового майданчика, г;

n - число облікових майданчиків, шт.

Після виміру рослин і обліку втрат зерна від самоосипання з кожного майданчика зрізали усі рослини (культурні окремо від бур'янів), збирали в снопи, склали в окремі мішки і підписували для наступної обробки отриманих даних в лабораторних умовах.

Засміченість бур'янами на висоті зрізу визначали згідно ГОСТ 20915-75. Снопи потім обмолочували, зерно очищали і зважували.

Відношення маси зерна до маси соломи обчислювали за формулою

$$\gamma_{ij} = \frac{q_{ij} - q_s}{q_s} \quad (3.11)$$

де q_{ij} - маса i -го снопа при j -й висоті зрізу з урахуванням маси бур'янів, г;

q_s - маса зерна, виділеного з i -го снопа, г; i - номер снопа (1, 2.. 10);

j - відповідна висота зрізу (5, 10 .. см).

По отриманих результатах обчислювали середнє арифметичне значення.

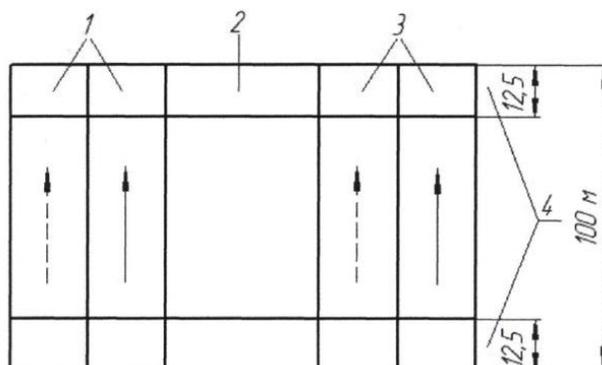
3.7 Методика дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жаткою зернозбирального комбайна

Для проведення експериментальних польових досліджень за якісними показниками роботи жатки залежно від частоти обертання шнека, вологості насіння сої і швидкості різання, була прийнята жатка серійного зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич", з шириною захвату 6 м, яка використовується на збиранні сої.

Експериментальні дослідження проводилися відповідно до агротехнічних вимог, що ставляться до збирання сої. Визначення якісних показників здійснювалося методом організованих повторень [9,26].

З метою обґрунтування оптимальних режимних параметрів роботи шнека жатки зернозбирального комбайна на збиранні сої було виготовлено, а потім змонтовано три експериментальні зірочки з числом зубів 33, 44 і 53 зуби, що відповідає частоті обертання шнека 210 об/хв, 140 об/хв і 120 об/хв. Для порівняння, у серійної зірочки число зубів дорівнює 40, а частота обертання шнека - 160 об/хв.

Досліди проводилися в СТОВ «Лада» Криничанського р-ну Дніпропетровської обл. На виробничому посіві була вибрана дослідна ділянка, характерна для усього поля, яка розбивалася на загінки (рис. 3.13).



-----> - комбайн з серійною жаткою;

-----> - комбайн з експериментальною жаткою.

Рис. 3.13. Розбивка поля на загінки: 1, 3 - контрольні гони, 2 - ділянка налаштування режимів, 4 - розгінні ділянки.

Довжина контрольної загінки дорівнювала 75 м. У кожній серії дослідів комбайн проходив контрольну загінку в прямому і зворотному напрямках. Перед проведенням досліду на ділянці налаштування режимів роботи встановлювалася швидкість руху комбайнів і частота обертання шнека. Після проходження загінки брали проби в бункері комбайна для визначення якісних показників обмолоту сої і здійснювалося вивантаження зерна.

Режими роботи комбайна приймалися наступні:

- 1 - Швидкість руху комбайна, км/год - 8;
- 2 - Частота обертання шнека жатки, об/хв - 120, 140, 160, 210;
- 3 - Швидкість різання, м/с - 1,4; 2,0; 2,6.

Після проходження комбайном залікового гону знімалися показники: втрати вільним зерном; втрати вільними бобами; втрати бобами на стерні; висота зрізу; вологість зерна.

Виміри висоти стерні проводилися в двох напрямках вздовж і поперек напрямку руху комбайна. Виміри висоти рослин, що зрізаються, проводилися уздовж руху комбайна через інтервали 15 метрів по усій довжині залікового гону. При русі комбайна упоперек рядків проводилося також виміри висоти зрізу, по десять вимірів в 10 місцях залікової ділянки. Вимір здійснювався за допомогою натягнутого шпагату над рядком до місця зрізу лінійкою з точністю до 0,001 м

Висота стерні визначалася за залежністю:

$$L = h \pm l \quad (3.12)$$

де l - відстань від шпагату до точки зрізу; h - висота установки шпагату, м.

Повторність досліду триразова.

3.8. Висновки.

1. Розроблено методику проведення лабораторних та польових експериментальних досліджень процесу зрізу рослин сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом.

2. Приведено опис та порядок використання приладів та обладнання при проведенні експериментальних досліджень.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1. Характеристика рослин сої.

Для досліджень були обрані рослини сої сортів "Соната", "Гармонія" і "Октябрь-70".

Методом вільного вибору на дослідних ділянках в загальному масиві набиралося по сто рослин кожного сорту і досліджувалися висота рослин і їх вага, положення центру тяжіння рослин, висота прикріплення бобів, їх кількість і розміри, кількість і вага зерна в бобах.

Висота рослин над ґрунтом у досліджених сортів склала в середньому 60 - 65 см, найбільша - 70 - 80 см, найменша 45-50 см. На загущених посівах, де багато бур'янів, рослини сої вищі і тонші, мають меншу кількість бобів. Середній діаметр стебел у кореневої шийки 5 - 6,5 мм, найбільший - 10; найменший - 2,5 мм.

Центр тяжіння розташовується на половині висоти рослини. Відношення висоти рослини до відстані від поверхні поля до центру тяжіння рослини коливається від 1:1, 8 до 1:2 (рис. 4.1).

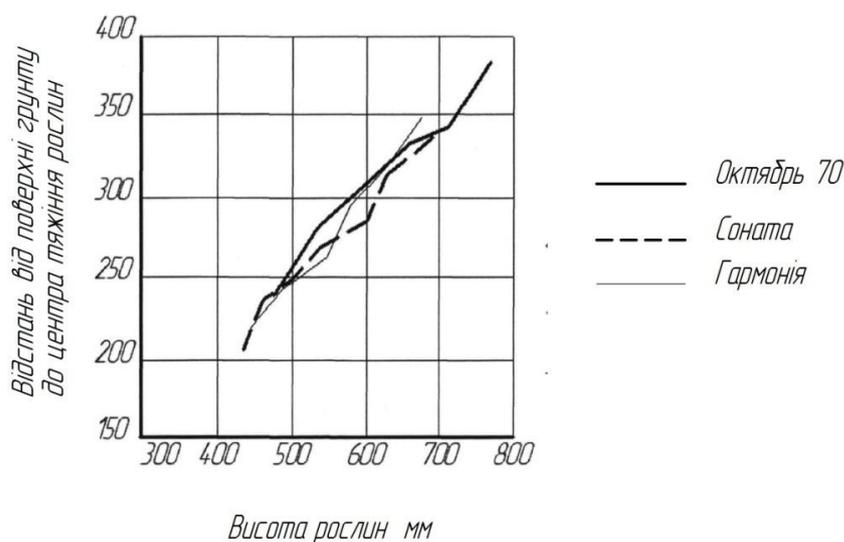


Рис. 4.1. Розташування центру тяжіння рослин сої

Кількість бобів у міру наближення до середньої частини стебла зростає, у напрямку до вершини - зменшується. У середній зоні і нижньому ярусі верхньої

зони міститься до 70% від загальної маси бобів. Середня зона містить краці по масі боби (рис. 4.2) і насіння.

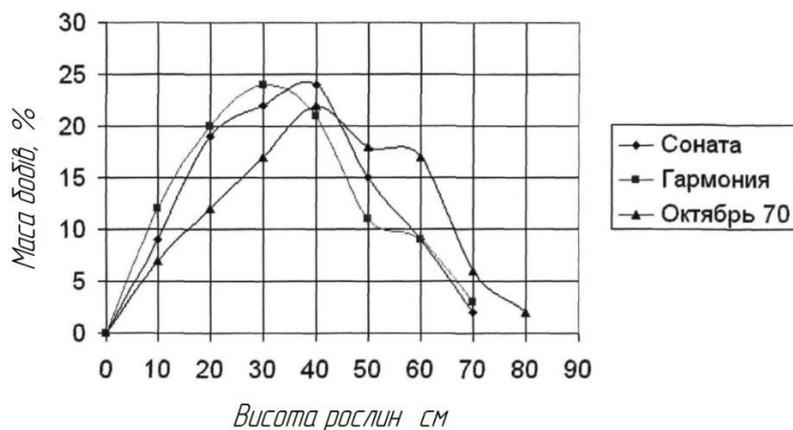


Рис. 4.2. Розподіл маси бобів по висоті рослини

На загущених посівах, де багато бур'янів, рослини сої вищі і тонші, мають меншу кількість бобів. Маса рослин сої збільшується з їх висотою. На засмічених ділянках високі рослини мають меншу масу. Відношення маси насіння до маси незернової частини на одній рослині коливається у сорту Соната від 0,43 до 0,46. У сорту Гармонія від 0,42 до 0,5; у сорту Октябрь- 70 - від 0,42 до 0,48.

Розподіл маси насіння по висоті рослини показує, що основна частина насіння знаходиться в зоні від 0,15 до 0,35 м (рис. 4.3).

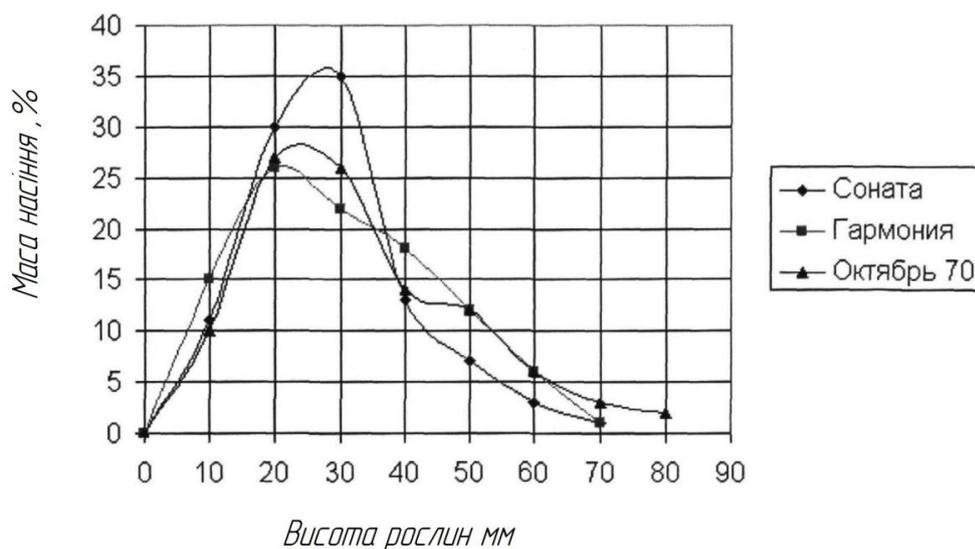


Рис. 4.3. Розподіл маси насіння по висоті рослин.

Найбільша кількість бобів незалежно від сорту у рослини сої складають боби з трьома насінинами, менше з двома і ще менше - з однією насіниною. У сорту Гармонія кількість трьохнасінних бобів складає 52%, 20% - двонасінних, 18% - чотиринасінних, 10% - однонасінних. У сорту Октябрь - 70 8% бобів - чотинасінні, 69% - тринасінні, 16% - двонасінні, 7% - однонасінні.

Найбільшу масу насіння мають тринасінні боби, що пояснюється більш раннім їх утворенням на рослині в порівнянні з одно- і двонасінними.

У більшості сортів нижні боби розташовані близько до ґрунту. При збиранні комбайном втрати за хедером залежать не від висоти кріплення боба сої до стебла, а від висоти нижнього кінця боба тому, що ніж різального апарату, проходячи нижче за точку кріплення нижнього боба, перерізає його і викликає втрати вільним зерном (табл.4.1)

Таблиця 4.1

Положення нижнього боба сої сорту "Соната" над рівнем ґрунту

Показники	Максимальна,	Мінімальна, м	Середня, см	σ , см	ν , %
Висота кріплення боба	0,17	0,03	0,10	0,035	32
Висота положення нижнього кінця боба	0,09	0,02	0,06	0,033	41

Примітка: σ - середнє квадратичне відхилення; ν - коефіцієнт варіації.

Збільшення числа бобів в середній частині рослини говорить про найбільшу їх цінність, що підтверджується розмірними і ваговими показниками насіння цих бобів. Поєднання нерівномірності розміщення рослин по поверхні поля і коливання ваги рослин дають велику нерівномірність завантаження робочих органів комбайнів, що негативно позначається на якості їх роботи.

Розміри бобів змінюються у великих межах залежно від місця їх розташування на рослині, кількості насіння в плодовій оболонці, від метеорологічних умов року, від сорту, від живлення рослин. В результаті дослідження розмірних характеристик визначені довжина, ширина і товщина

бобів. Результати статистичної обробки геометричних розмірів бобів представлені на рис. 4.4.

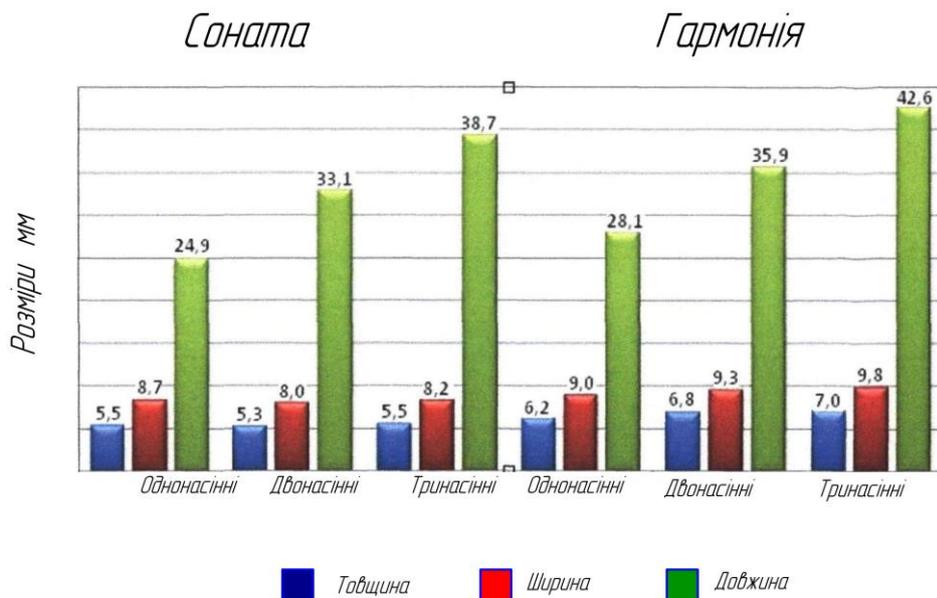


Рис. 4.4 Розмірні характеристики бобів сої

З рис. 4.4 та 4.5 видно, що тринасінні боби відрізняються і великими розмірами, і більшою масою насіння, яка в три рази перевищує масу насіння в однонасінних бобах. Проте у тринасінних бобів довжина лінії стику стулок всього в 1,5 - 1,6 разу перевищує довжину лінії стику однонасінних. Отже, відношення маси насіння, що доводиться на одиницю довжини лінії стику стулок бобів, у різних типів бобів неоднакове (табл. 4.2).

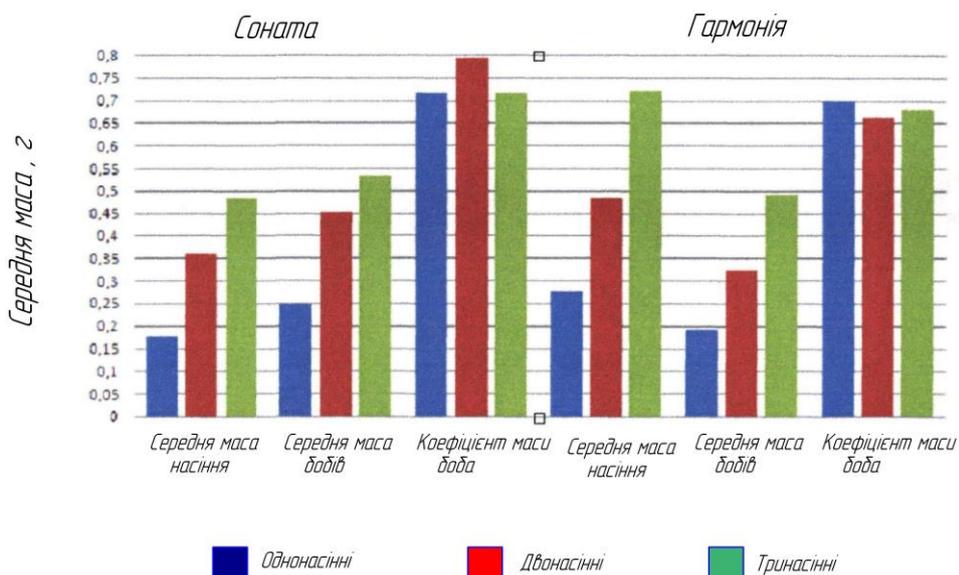


Рис 4.5. Маса бобів та насіння в залежності від сорта та типу бобів

Таблиця 4.2

Характеристик типів бобів

Показники	Сорт сої	Одно-насінні	Дво-насінні	Три-насінні
Середня довжина ліній стику стулок LC , м	Соната	0,066	0,081	0,094
	Гармония	0,064	0,083	0,098
Сила відриву боба від стебла, Н	Соната	2,60-9,49	3,11-12,54	3,98 -12,97
	Гармония	2,49-9,72	3,15-13,0	3,96-13,41

Сила відриву боба від рослини говорить про те, що боби міцно зв'язані з рослиною сої, що в певній мірі визначає втрати насіння при збиранні.

Дослідження розмірних характеристик насіння показало, що ці показники істотно відрізняються між собою (рис. 4.6). Вивчення розмірних характеристик і їх мінливості є важливим параметром, який враховується в агротехнічних вимогах. Найбільш сильну кореляційну залежність мають насіння по товщині (рис.4.6).

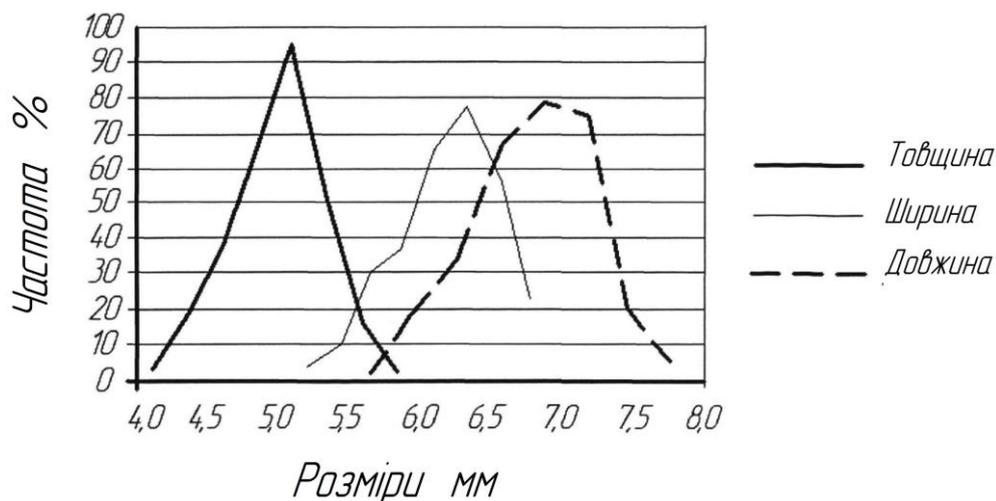


Рис. 4.6. Варіаційні криві довжини, ширини і товщини насіння сої Соната

Для насіння визначено додатковий показник, що характеризує форму насінини - коефіцієнт сферичності. Насіння досліджених сортів за формою можна віднести до округлих. Слід зазначити, що навіть в межах одного сорту

коефіцієнт сферичності може коливатися. Добре виповнене насіння має вищий коефіцієнт сферичності.

Таблиця 4.3

Коефіцієнти сферичності насіння сої

Показники	Гармония	Октябрь 70	Соната
$K_{сф}$	0,83	0,87	0,79
σ	0,031	0,039	0,033
$\nu, \%$	4,74	4,05	5,69

Примітка: $K_{сф}$ - середнє значення коефіцієнта сферичності; σ - середнє квадратичне відхилення; ν - коефіцієнт варіації.

Як показали результати досліджень, насіння сої має коефіцієнт сферичності, який варіює від 0,79 до 0,87. Отже, насіння з різною сферичністю має різний опір при русі по площині.

4.2 Результати дослідження впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність рослин сої

Сівба насіння була проведена першого травня. Спостереження за появою сходів і їх розвитком вели, починаючи з 16 травня (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Поява сходів, розвиток і продуктивність рослин сої сортів "Соната" і "Октябрь-70" залежно від початкового стану насіння.

№	Сорт	Дата контролю після посіву, кількість сходів, висота рослин і вага насіння на одній рослині при дозріванні										
		16 днів		21 день		32 дні		54 дні		88 днів		131 день
		число сходів шт	висота рослин мм	число сходів шт	висота рослин мм	число сходів шт	висота рослин мм	число сходів шт	висота рослин мм	число сходів шт	висота рослин мм	Маса насіння на одній рослині, г
1	"Соната",	72	45	72	59	82	129	S2	415	82	825	8,26
2	Соната контроль	8S	43	83	63	90	132	90	435	90	875	9,23
3	«Октябрь-70»	91	44	91	55,5	91	137	91	495	91	855	8,83
4	"Октябрь-70", контроль	92	49	92	61	92	142	92	505	92	955	10,46

У сорту "Соната" в польових умовах схожість рослин, насіння яке було піддане мікрошкодженням по відношенню до контролю склала 91%, а у сорту "Октябрь-70" - 99%. Такий високий відсоток сходів у рослин, що вирости з мікротравмованого насіння пояснюється великою кількістю опадів що випали в травні-червні 2014 року (рис. 4.7).

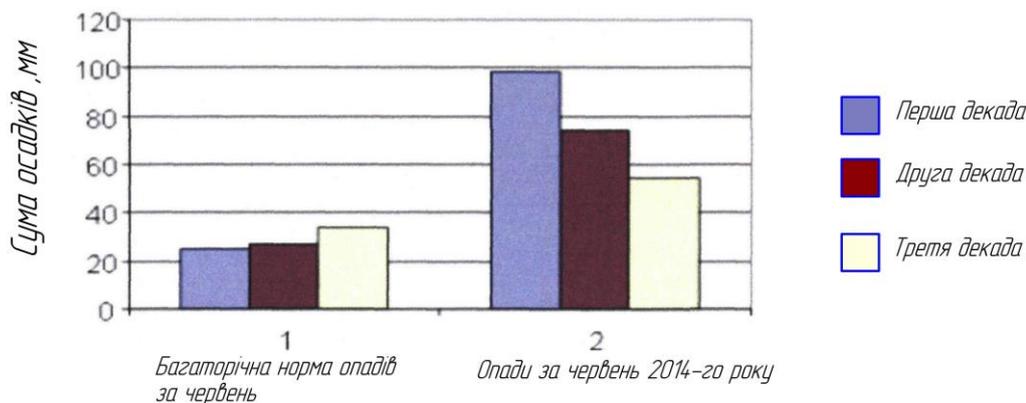


Рис.4.7. Сума опадів за травень-червень 2014 р.

Далі представлені фази розвитку рослин сої по днях (рис. 4.8) і дані по висоті прикріплення бобів (рис. 4.9).

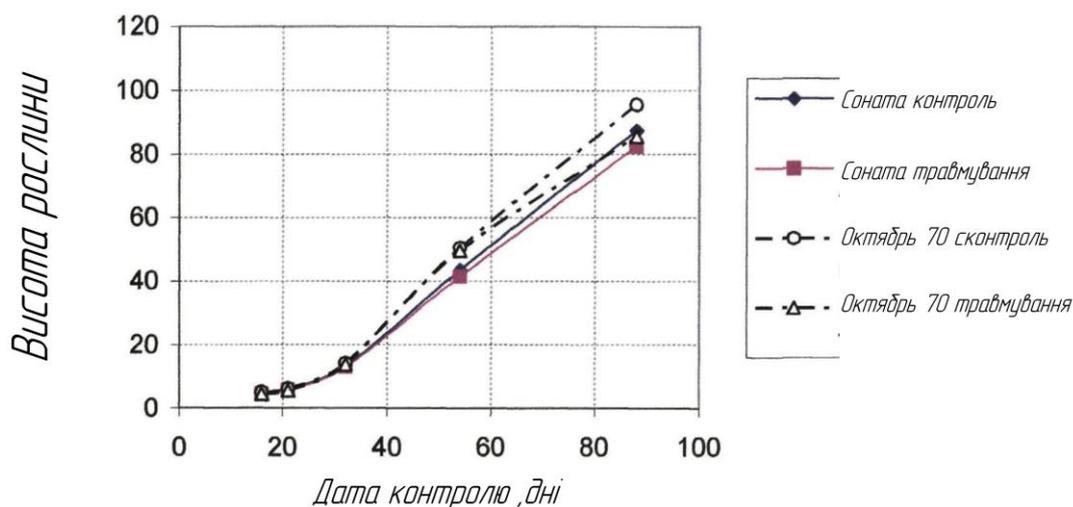


Рис. 4.8. Фази розвитку рослин сої по днях

З наведених даних виходить, що, рослини, які отримали мікрошкодження відстають в розвитку і мають меншу висоту прикріплення бобів. Також треба відмітити, що до моменту дозрівання, вони мали продуктивність в 1,18-1,24 меншу в порівнянні з контролем.

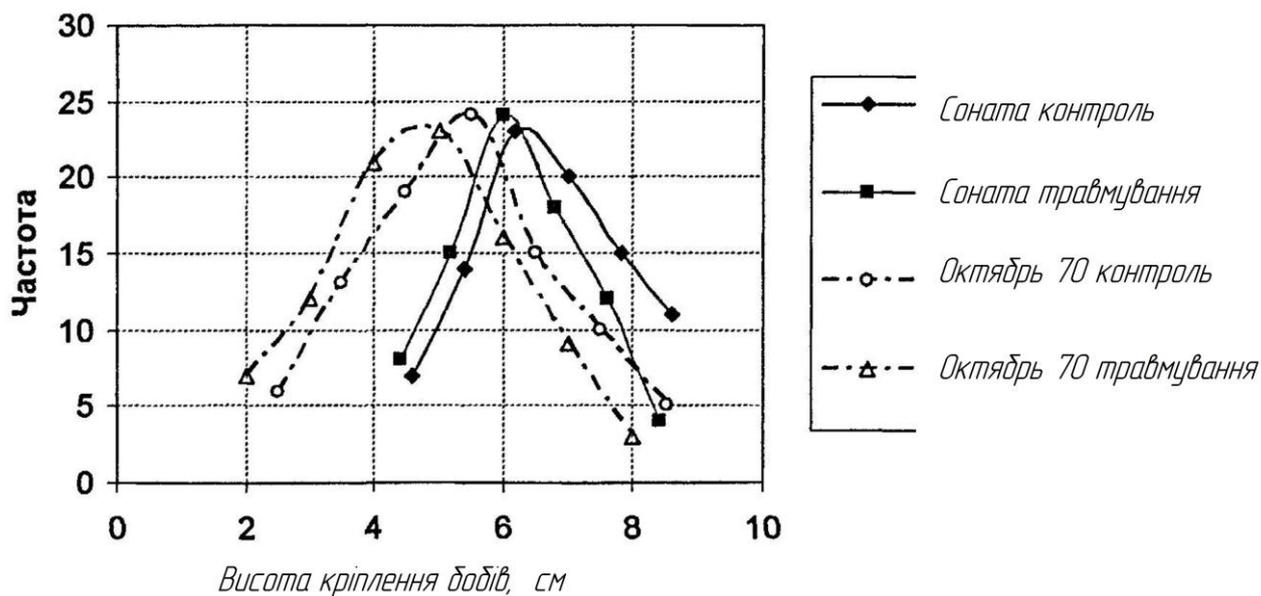


Рис. 4.9. Варіаційні емпіричні криві рослин сої по висоті прикріплення бобів

4.3 Результати досліджень зрізу стебел рослин сої методом моделювання реального процесу.

За допомогою відеокамери здійснювалася відеозйомка із необхідною повторністю для кожного режиму роботи різального апарату, тобто при значеннях частоти обертання кривошипа - 300, 400, 500 об/хв і швидкості транспортера 1,2 м/с, 1,6 м/с і 2,0 м/с, відповідно.

Отримані відеокадри зрізу і руху стебел обробляли за допомогою комп'ютерної програми Virtual Dub, в якій визначали точки переміщення світлодіода в інтервалі часи 1/24 с (рис. 4.10 а, б, в).

Потім за допомогою програми Adobe Photoshop CS3 кожен отриманий кадр накладали на зображення і отримували траєкторію переміщення точки (світлодіода), відносно різального апарату і поверхні транспортера. Для виміру елементів траєкторії використовували екран з нанесеною сіткою, з розміром координатної сітки 3х3 см (рис. 4.11).

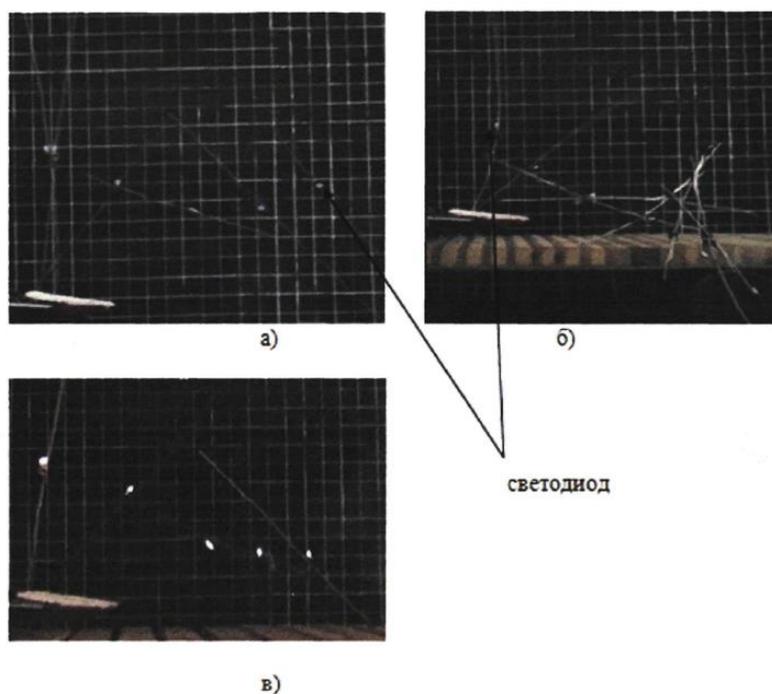


Рис. 4.10. Траєкторії точок світлодіода стебла, що зрізається, при частоті обертання кривошипа: а - 300 об/хв; б - 400 об/хв; в - 500 об/хв.

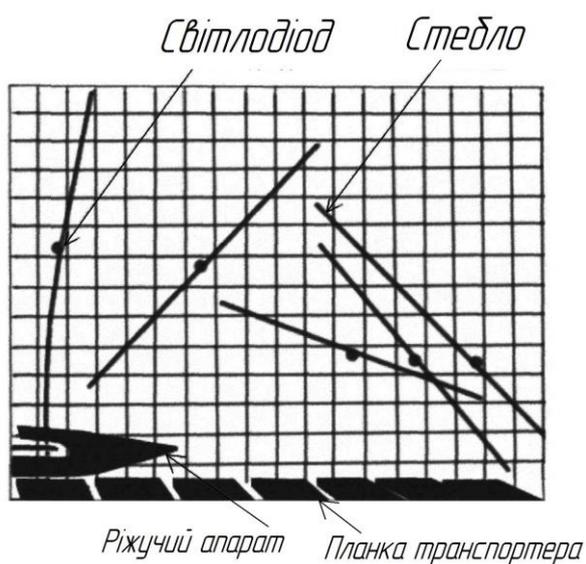


Рис 4.11. Переміщення центру мас стебла, що зрізається, в інтервалі часу $1/24$ с

Координати точок центру мас переміщення стебел, що зрізаються, дозволили за допомогою програми Microsoft office Excel 2003 побудувати діаграми для кожного випадку при різних частотах і способах підведення стебла до різального апарату (рис. 4.12). Зріз стебла здійснювався в точці А.

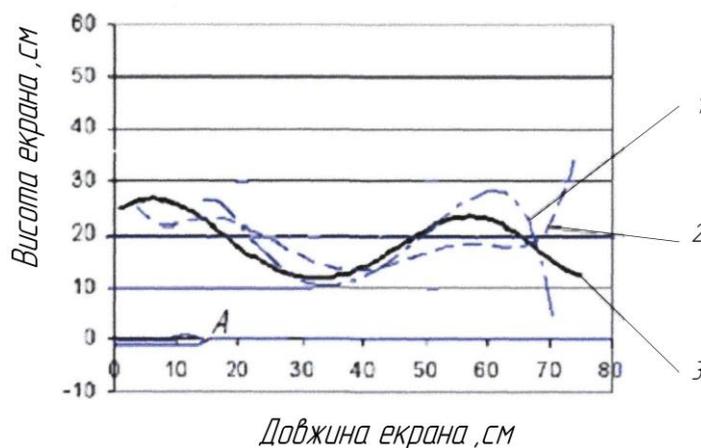


Рис. 4.12. Траєкторії руху центру мас стебел при частоті обертання кривошипа і швидкості подачі транспортера відповідно: 1 – $n=300$ об/хв, $V_m=1,0$ м/с; 2 – $n=400$ об/хв, $V_m=1,5$ м/с; 3 – $n=500$ об/хв, $V_m=2,0$ м/с.

Слід зазначити, що при зрізі поодиноких стебел при частоті обертання кривошипа 300 об/хв і швидкості подачі транспортера 1,0 м/с 95 % стебел відкидалося в напрямі зворотному руху подаючого транспортера. Із збільшенням частоти обертання кривошипа до 500 об/хв і швидкості подачі транспортера до 2 м/с число таких стебел скоротилося до 80%.

За допомогою програми Microsoft office Excel 2003 були отримані рівняння кривих переміщення центру мас стебел, що зрізалися, при частотах обертання кривошипа (300 об/хв, 400 об/хв, 500 об/хв) і швидкості подачі транспортера (1,0 м/с, 1,5 м/с і 2,0 м/с) :

$$y = -0,8x^6 - 0,5x^5 - 0,0015x^4 + 0,0744x^3 - 1,9594x^2 + 24,17x - 125,556; \quad (4.1)$$

$$y_2 = -0,8x^6 - 0,6x^5 + 0,0006x^4 - 0,0229x^3 + 0,3747x^2 - 2,5899x - 10,97; \quad (4.2)$$

$$y_3 = -0,8x^6 - 0,6x^5 - 0,4x^4 - 0,0002x^3 + 0,0872x^2 - 0,9999x + 23,73 \quad (4.3)$$

де y - функція, що характеризує зміщення центру мас стебла після зрізу у вертикальній площині відносно різального апарату, см;

x - величина, на яку зміщується центр мас стебла після зрізу в горизонтальній площині відносно різального апарату, см;

На основі проведеного моделювання можна зробити висновок про те, що із збільшенням частоти обертання кривошипа і швидкості подачі транспортера кількість стебел, що відкидаються в напрямі зворотному руху подаючого транспортера (у реальних умовах за межі платформи жнивarki), знижується. Отже, збільшення швидкості різання і швидкості руху комбайна в реальних умовах збирання рослин сої до певного рівня сприятиме зменшенню втрат.

4.4. Результати дослідження реального процесу зрізу рослин сої.

Зріз рослин сої при різних швидкостях повинен розглядатися як процес зіткнення рухливого тіла (ножа) з нерухомим (стебло). Коли ніж рухається повільно, наближаючись до своїх крайніх положень, стебло відгинається убік і перерізається (рис. 4.13).

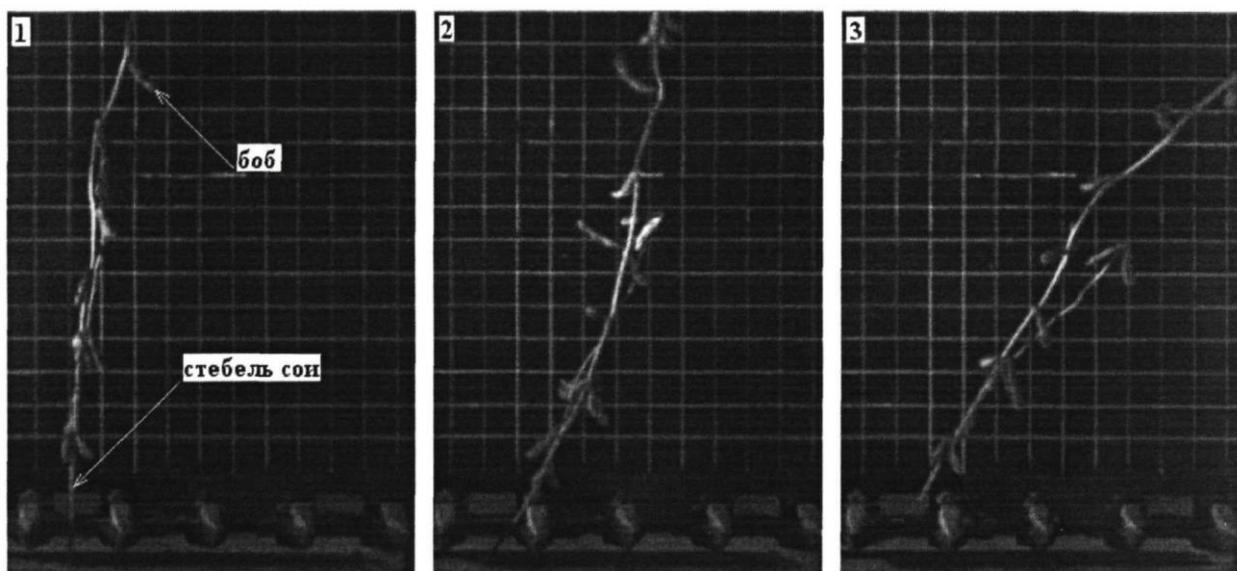


Рис. 4.13. Зріз рослини сої при швидкості ножа 0,5 м/с і швидкості подачі транспортера 0,5 м/с (зона В): 1- початок фази різання, входження стебла в розхил різальної пари; 2 - зрізання стебла; 3 - завершення фази різання.

Якщо ж ніж рухається з максимальною швидкістю біля свого середнього положення, стебло також відгинається убік до тих пір, поки його пружний опір не стане рівним зусиллю, необхідному для того, що перерізати стебло (рис.

4.14), при цьому в деякій точці стебла утворюється вузол В, який служитиме разом з т. А другою опорною точкою.

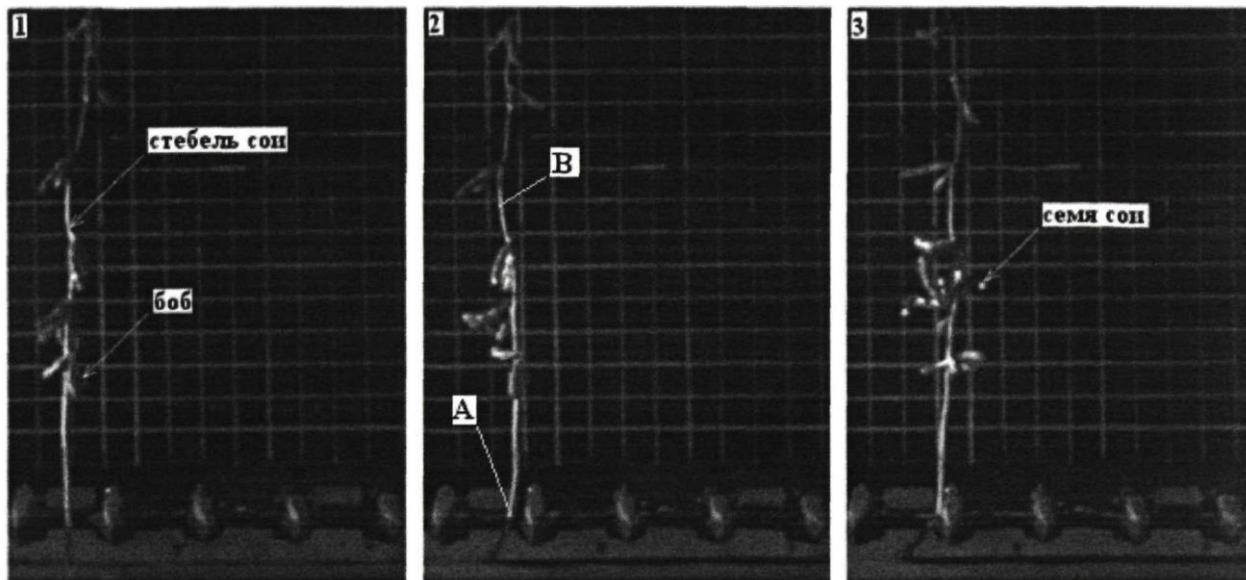


Рис. 4.14. Зріз рослини сої при швидкості ножа 1 м/с, швидкості подачі транспортера 1 м/с (зона В): 1 - початок фази різання, входження стебла в розхил різальної пари; 2 – відгин стебла під впливом сегменту; 3 - зіткнення стебла з протирізальним пальцем, розкриття стулок боба.

В результаті наданого ножем прискорення, рослина сої набуває швидкості (яку має ніж) і починає рухатися разом з ножем, внаслідок чого відбувається зміна швидкості і прискорення стебел з бобами сої, при цьому виникаючі сили інерції насіння, діючи зсередини, розкривають стулки бобів (рис. 4.14, знімок 3). Отже, при повільному ударі по пружному стеблу, затиснутому внизу, увесь стержень коливатиметься цілком (рис. 4.13), а при швидшому, при малій тривалості удару, коливання не встигнуть дійти до верхівки стебла (рис. 4.15).

При великій швидкості різання ножем сегментно-пальцевого апарату нормального різання (понад 2,3 м/с) стебло підтримується не пальцями, а пружною силою інерції, тобто зріз відбувається без підпору об протирізальний палець (рис. 4.15). Пояснюється це тим, що за допомогою великої швидкості ножа створюється пружна жорсткість стебла і друга опора на висоті, яка тим менше, чим швидше удар, а отже, буде і менше відхилення стебла.

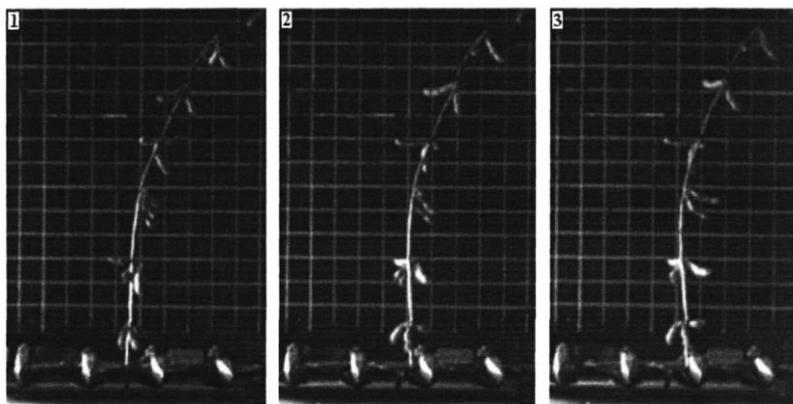


Рис. 4.15. Зріз рослини сої при швидкості ножа 2,5 м/с, швидкості подачі транспортера 2,5 м/с (зона В): 1 - початок фази різання, входження стебла в розхил різальної пари; 2 - перерізання стебла; 3 - завершення фази різання.

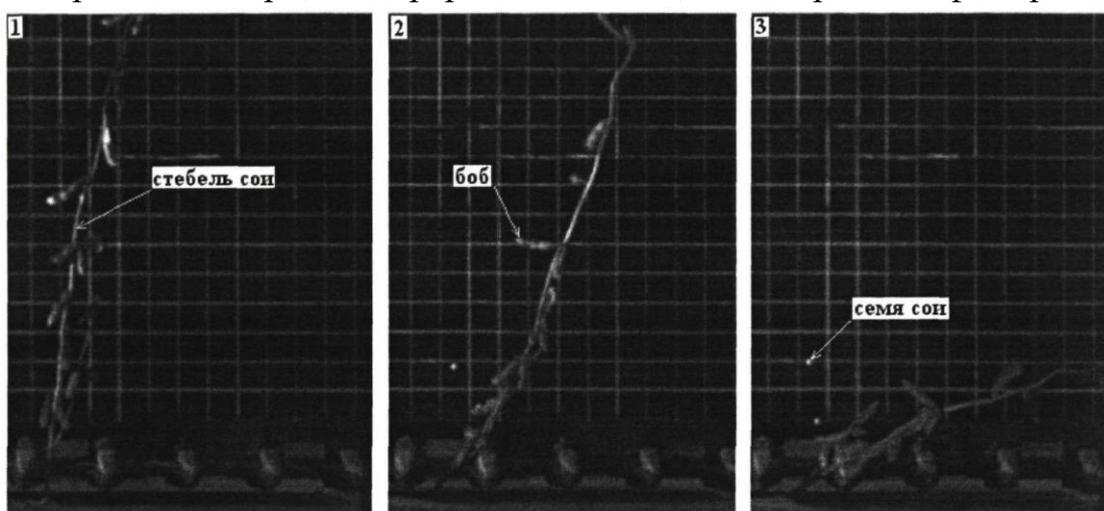


Рис. 4.16. Зріз рослини сої при швидкості ножа 0,5 м/с, швидкості подачі транспортера 0,5 м/с (зона С): 1 - входження стебла в розхил різальної пари; 2 - відгин стебла під впливом сегменту, розкриття стулок боба, зіткнення стебла з протирізальним пальцем; 3 - виштовхування рослини сої з розхилу різальної пари.

Під дією ножа жатки центр тяжіння стебла сої описує дугу і, відхиляючись, починає коливатися. Боби сої разом із стеблом так само здійснюють коливальні рухи в різних напрямках і з певною швидкістю, тоді як вільно розташоване в них насіння, що має кулясту форму, відстає від руху стебла і стулок. Як наслідок, між стулками бобів і насінням сої виникає удар. Напруга в зоні контакту досягає такої величини, при якій стулки деформуються

і розкриваються, при цьому кожна стулка, скручуючись, сприяє розкиданню насіння за межі платформи жатки (рис. 4.17).

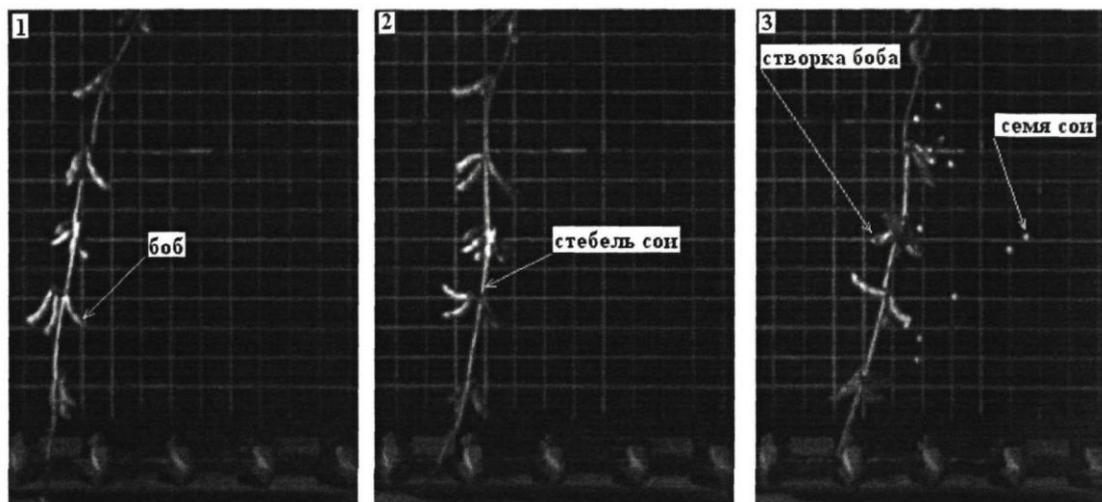


Рис. 4.17. Зріз рослини сої при швидкості ножа 1 м/с, швидкості подачі транспортера 1 м/с (зона С): 1 - входження стебла в розхил різальної пари; 2 - відгин стебла під впливом сегменту; 3 - зіткнення стебла з протирізальним пальцем, розкриття ступок бобів.

При швидкості різання більшої за 2,3 м/с, коли немає безпосереднього підпору (зона С), зусилля зрізу поглинається опором стебла відгину і силою його інерції (рис. 4.18), при цьому деформація зосереджується в місці зрізу і розкриття ступок бобів не відбувається.

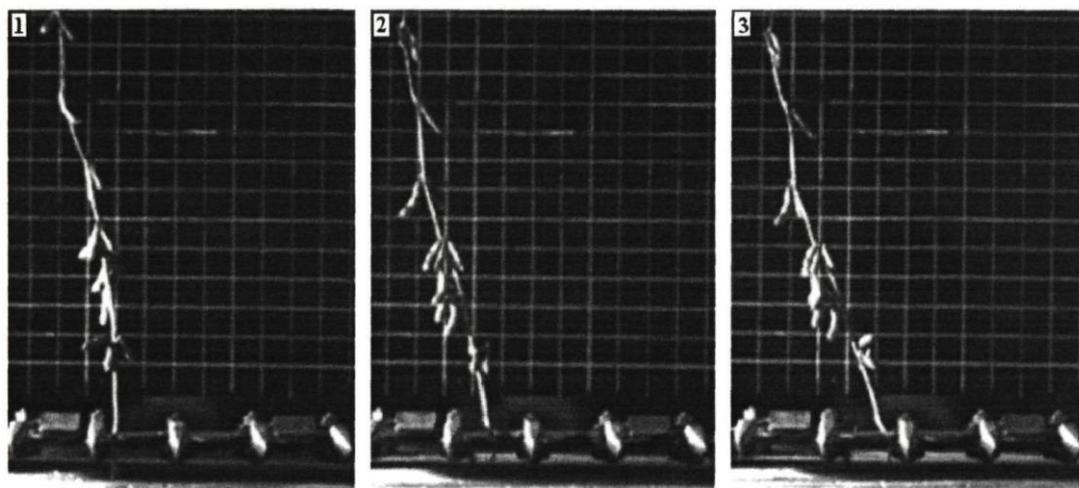


Рис. 4.18. Зріз рослини сої при швидкості ножа 2,5 м/с, швидкості подачі транспортера 2,5 м/с (зона С): 1 - початок фази різання, входження стебла в розхил різальної пари; 2 - перерізання стебла; 3 - завершення фази різання.

У зоні А при швидкості різання 1 м/с розкриття стулок бобів не спостерігалось (рис. 4.19).

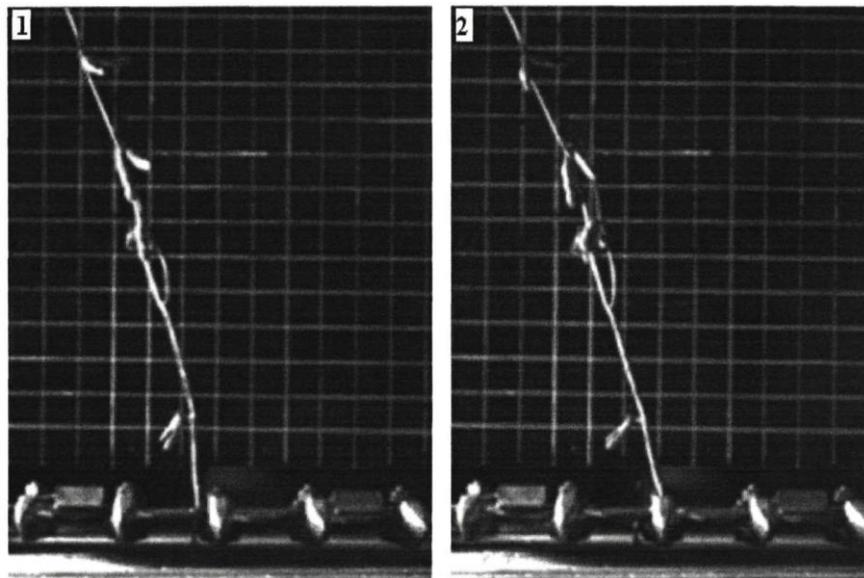


Рис. 4.19. Зріз рослини сої при швидкості ножа 1 м/с (зона А):
1 - початок фази різання, входження стебла в розхил різальної пари;
2 - завершення фази різання.

Таким чином, зріз стебел сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання може відбуватися:

- 1) без відгину, при використанні як підпір протирізального пальця (зона А);
- 2) з відгином стебел, в зонах В і С при швидкостях різання нижче 2,5 м/с;
- 3) без відгину, при використанні інерційного підпору стебел, при швидкостях різання понад 2,5 м/с.

У першому випадку відгин стебла мінімальний або зовсім відсутній, оскільки ніж зустрічає стебло в крайньому положенні, безпосередньо у протирізального пальця. Робота різального апарату в цьому випадку здійснюється за принципом ножиць, а висота стерні відповідає встановленій висоті зрізу.

Другий випадок має місце при швидкостях різання менше 2,5 м/с, коли ніж зустрічає стебло у свого початкового або середнього положення. В результаті наданого ножем прискорення стебло сої набуває швидкість ножа і, рухаючись разом з ним, зрізається у протирізального пальця. При цьому максимальний відгин стебла відбуватиметься в зоні С, коли стебло відхиляється від одного пальця до іншого по напрямку руху ножа.

Великий відгин рослин сої при зрізі є негативним чинником, оскільки при відгині відбувається зміна швидкості і прискорення стебел з бобами сої, при цьому виникаючі сили інерції насіння, діючи зсередини стулок бобів, розкривають їх. Крім того, збільшення відгину при зрізі рослин сої є причиною втрат частини врожаю бобами на стерні.

У третьому випадку зріз стебла здійснюється за принципом коси, при швидкостях різання вище 2,5 м/с. Внаслідок коливального руху ножа швидкість активного леза змінюється від мінімуму в мертвій точці, до максимуму на середині ходу ножа, отже, при високій швидкості ножа на межі цього положення зріз здійснюється за рахунок інерції стебла. На підставі отриманих експериментальних даних вдалося встановити те, що зріз стебла сої відбувається не лише у протирізального пальця, але і раніше.

При аналізі кадрів швидкісної відеозйомки зрізу стебел рослини сої сегментно-пальцевим різальним апаратом при швидкостях різання від 0,5 до 2,5 м/с нами було отримано амплітуди коливань стебел сої (рис. 4.20).

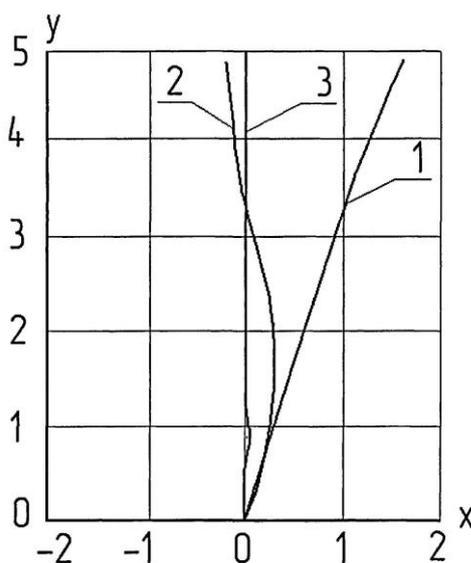


Рис. 4. 20. Коливання стебла сої в зонах В і С при швидкостях ножа: 1- 0,5 м/с, 2 – 1...1,5 м/с; 3 - 2,5...3 м/с; y - довжина стебла, x - амплітуда коливань (значення у і x виражені в абсолютних безрозмірних одиницях).

При амплітуді коливань 1 максимальну швидкість і прискорення набуває боб з насінням, розташований на вершині стебла, проте зважаючи на низьку

швидкість ножа розкриття стулок бобів відбувалося тільки в 7 дослідах з 100 (див. додаток, табл. 1). Крім того, в зоні С спостерігалось затягування стебла сої під різальний апарат (рис. 4.16). У 31 дослідах з 100 при швидкості ножа 0,5 м/с стебла не зрізались. З 69 рослин, що зрізалися, розкриття стулок бобів спостерігалось у 15 (табл. 2 додат.). У зоні А при зрізі рослин сої при швидкості ножа 0,5 м/с розкриття стулок бобів не спостерігалось.

При амплітуді коливань 2 максимальну швидкість і прискорення набувають боби, розташовані в нижній і середній частині стебла. У зоні В кількість рослин, у яких під час зрізу були розкриті стулки бобів склало 27 з 100 (табл. 4 додат.). У зоні С кількість таких рослин збільшилася до 38 з 100 (табл. 5 додат.). У відмінності від режиму роботи різального апарату при швидкості ножа 0,5 м/с розкриття стулок спостерігалось також і в зоні А (табл. 3 додат.).

При третій амплітуді коливань деформація зосереджується в місці зрізу. Розкриття стулок бобів в зоні А сталося тільки в 4 випадках з 100 (табл. 6 додат.), в зоні В у 8 випадках з 100 (табл. 7 додат.) і в зоні С в 6 випадках з 100 (табл. 8 додат.).

Зменшення амплітуди коливань рослин сої і втрат від розкриття стулок бобів при зрізі вимагає збільшення швидкості різання. Проте з огляду на те, що збільшення швидкості різання викликає зростання непродуктивних витрат енергії і підвищення вимог до точності виготовлення деталей різального апарату, збільшувати швидкість різання понад 2,5 м/с нераціонально.

4.5. Результати досліджень впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння на втрати за жаткою зернозбирального комбайна

З метою визначення оптимальних режимних параметрів роботи шнека жатки зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич", швидкості різання і вологості насіння на збиранні сої був проведений багатофакторний експеримент.

Для отримання математичної моделі реалізований повний факторний експеримент 2^3 . Рівні і інтервали варіювання перерахованих факторів, представлені в табл. 4.7, вибиралися на підставі попередніх лабораторних і польових досліджень, в ході яких були виявлені межі варіювання частоти обертання шнека жнивarki $n = 120-160$ об/хв, швидкості різання $V = 1,4 - 2,6$ м/с і вологості насіння сої $W = 10 - 14\%$. Матриця факторного експерименту $y = 2^3$ представлена в табл. 4.8.

Таблиця 4.7

Інтервали і рівні варіювання основних факторів

Рівні варіювання факторів	Фактори			Фактори в кодованому виді		
	n , об/хв	W , %	V , м/с	x_1	x_2	x_3
Верхній рівень	160	14	2,6	+1	+1	+1
Основний рівень	140	12	2,0	0	0	0
Нижній рівень	120	10	1,4	-1	-1	-1
Інтервал варіювання	20	2	0,6	0	0	0

Таблиця 4.8

Матриця факторного експерименту $y = 2^3$

№	x_1	x_2	x_3	x_1^*	x_1^*	x_2^*	x_1^*	$x_1^{\prime} =$	$x_2^{\prime} =$	$x_3^{\prime} =$	y
				x_2	x_3	x_3	$x_2^* x_3$	x_{11-d}	x_{22-d}	x_{33-d}	
1	1	1	1	1	1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	1,81
2	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	1,3
3	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	2,76
4	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	2,54
5	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	2,29
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,2697	0,2697	0,2697	1,92
7	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,2697	0,2697	0,2697	3,39
8	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,2697	0,2697	0,2697	3,21
9	1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7468	-0,7303	-0,7303	2,32
10	-1,2154	0	0	0	0	0	0	0,7468	-0,7303	-0,7303	1,65
11	0	1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468	-0,7303	1,43
12	0	-1,2154	0	0	0	0	0	-0,7303	0,7468	-0,7303	3,11
13	0	0	1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7468	2,39
14	0	0	-1,2154	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	0,7468	1,73
15	0	0	0	0	0	0	0	-0,7303	-0,7303	-0,7303	2,01

Значущість коефіцієнтів регресії перевірялася за критерієм Стьюдента, який в нашому випадку для 3 ступенів свободи і 95 відсотковому рівні значущості рівний $t = 2,13$.

Таблиця 4.9

Перевірка коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента

Коефіцієнти регресії	Чисельне значення	$S^2\{b\}$	$\frac{ b_i }{\sqrt{S^2(b_i)}}$
b_0	16,32	0,00422	2,3
b_1	2,75	0,00578	0,21
b_2	-8,18	0,00578	-0,62
b_3	-2,16	0,00578	-0,16
b_{12}	0,39	0,007917	0,04
b_{13}	-0,03	0,007917	0,00
b_{23}	0,56	0,007917	0,05
b_{123}	0,42	0,007917	0,04
b_{11}	0,76	0,01451	0,09
b_{22}	1,34	0,01451	0,28
b_{33}	1,18	0,01451	0,14

З таблиці маємо, що значущими коефіцієнтами є b_0, b_1, b_2, b_3 . Рівняння регресії має вигляд:

$$y = 2,3 + 0,21x_1 - 0,62x_2 - 0,16x_3 \quad (4.4)$$

Адекватність отриманих рівнянь перевірялася за критерієм Фішера, який в нашому випадку рівний $F=19,4$. Розрахункове значення критерію Фішера склало $F= 12,085$. Отже, рівняння регресії адекватно описує процес у рамках досліджуваної області.

Рівняння регресії в розкодованому виді матиме вигляд

$$Q = 5,16 + 0,01n - 0,31W - 0,32V. \quad (4.5)$$

Для визначення парного впливу факторів на критерій оптимізації (втрати) були побудовані поверхні відгуків від вологості і від швидкості різання, при постійному рівні частоти обертання шнека 140 об/хв (рис. 4.26) :

$$Q = 6,56 - 0,31x - 0,32y \quad (4.6)$$

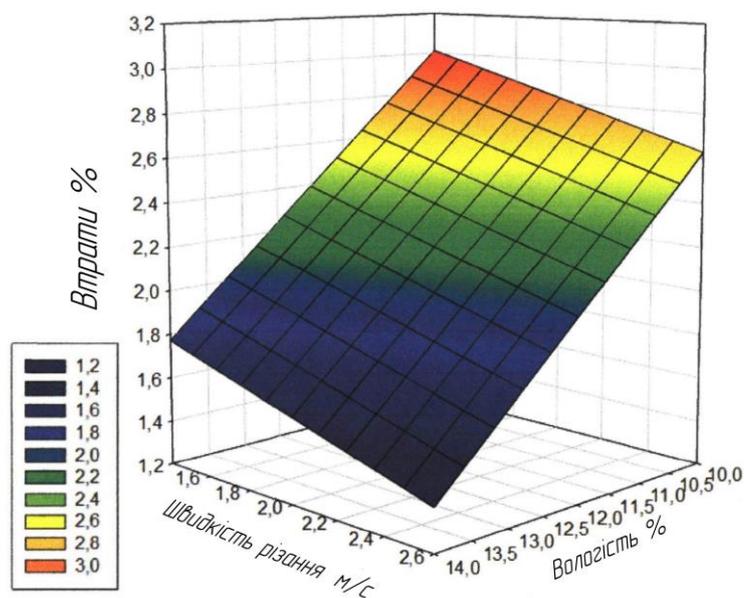


Рис. 4.26. Поверхня відгуку $Q = f(W, V)$ при нульовому рівні $n = 140$ об/хв

При зміні частоти обертання шнека і швидкості різання при постійному значенні вологості 12% (рис. 4.27).

$$Q = 1,44 + 0,01n - 0,32y \quad (4.7)$$

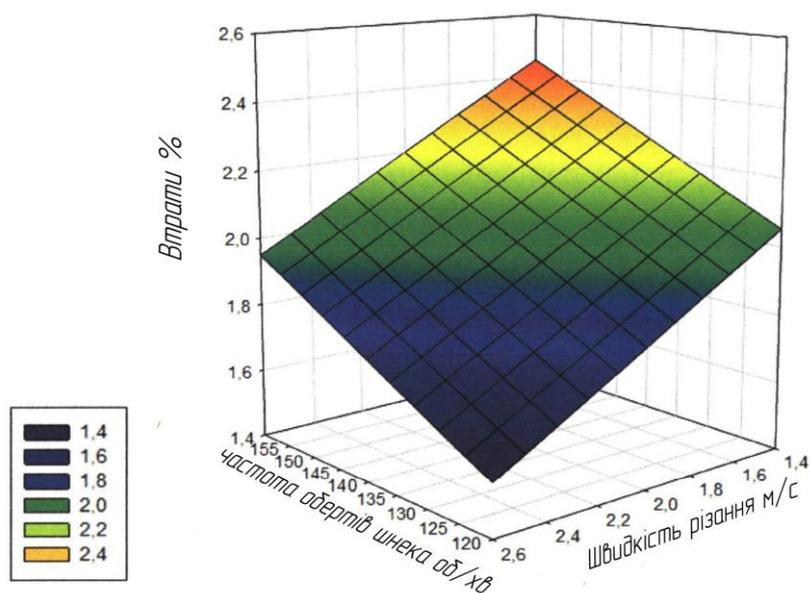


Рис. 4.27. Поверхня відгуку $Q = f(V, n)$ при нульовому рівні $W = 12\%$

При зміні частоти обертання шнека і вологості при постійному значенні швидкості різання 2 м/с (рис. 4.28)

$$Q = 5,8 + 0,01x - 0,31y \quad (4.8)$$

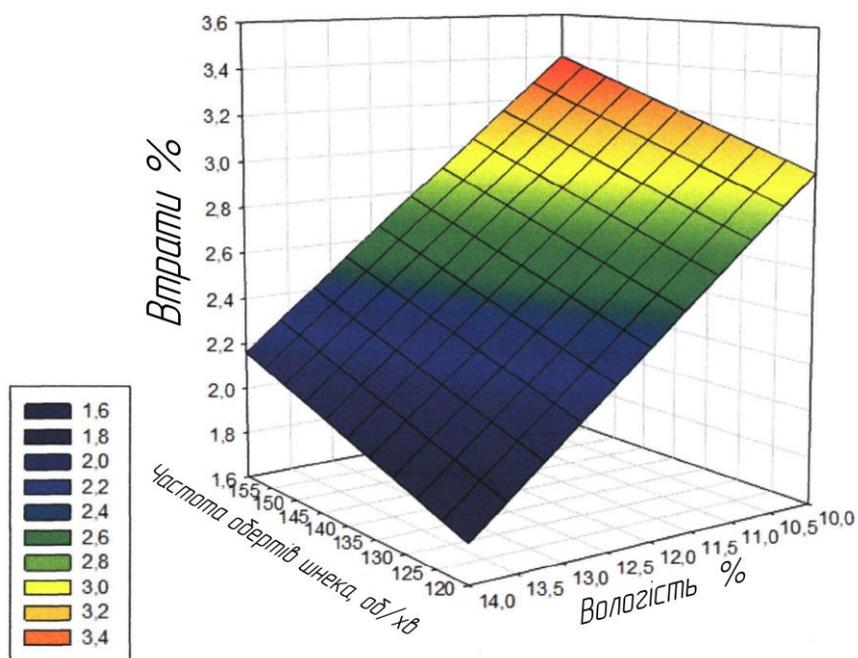


Рис. 4.28. Поверхня відгуку $Q=f(n, W)$ при нульовому рівні $V = 2,0$ м/с

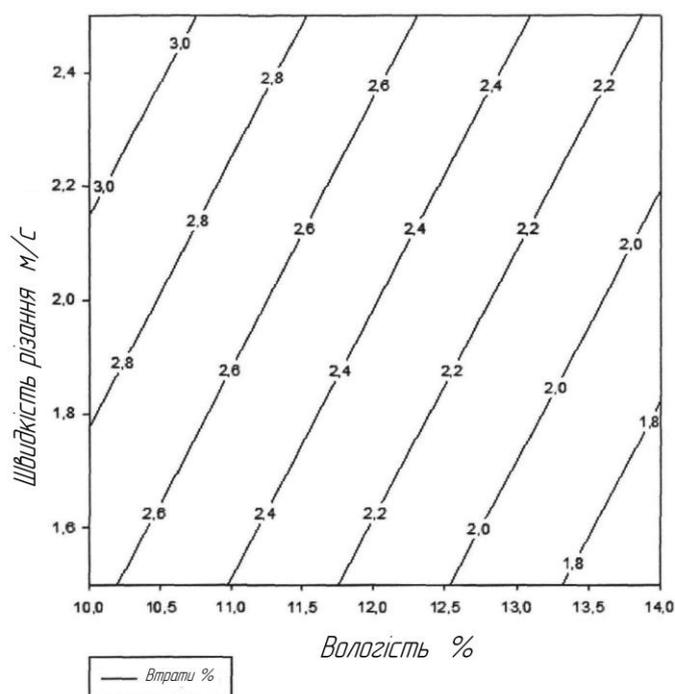


Рис. 4.29. Переріз поверхонь відгуків V і W при нульовому рівні n

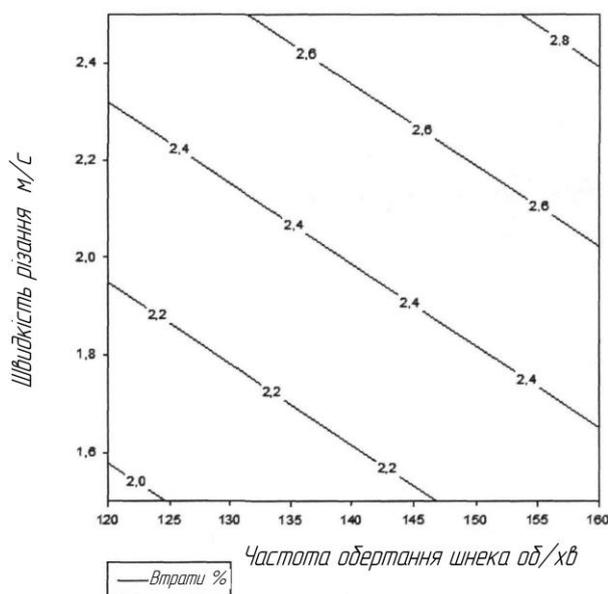


Рис. 4.30. Переріз поверхонь відгуків V і n при нульовому рівні W

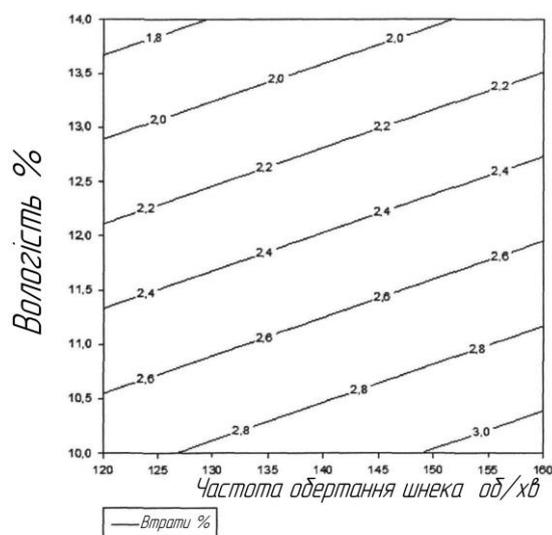


Рис. 4.31. Переріз поверхонь відгуків W і n при нульовому рівні V

Основне завдання досліджень в польових умовах - визначення найкращого поєднання частоти обертання шнека, швидкості різання і вологості, які дозволять понизити подрібнення насіння сої і зменшити величину втрат за жаткою комбайна.

З графіків (рис. 4.29 - 4.31) видно, що найменші втрати насіння сої спостерігаються при частоті обертання шнека жатки 120 об/хв, швидкості різання 2,6 м/с і вологості насіння сої 14%.

4.6. Висновки.

1. В результаті проведених лабораторних досліджень по зрізу поодиноких стебел, що виключають дію мотовила, були отримані дані, що при зрізі поодиноких стебел при частоті обертання кривошипа 300 об/хв і швидкості подачі транспортера 1,0 м/с 95% стебел відкидалося в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера (у реальних умовах - за межі платформи жатки). Із збільшенням частоти обертання кривошипа до 500 об/хв і швидкості подачі транспортера до 2 м/с число стебел, що відкидаються в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера, знизилося до 80%.

2. Проведені дослідження реального процесу зрізу рослин сої показали, що зріз стебел сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання може відбуватися: без відгину, при використанні як підпір протирізального пальця; з відгином стебел, в зонах при швидкостях різання нижче 2,5 м/с; без відгину, при використанні інерційного підпору стебел, при швидкостях різання понад 2,5 м/с.

При аналізі кадрів швидкісної відеозйомки зрізу стебел рослини сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом при швидкостях різання від 0,5 до 2,5 м/с нами було отримано амплітуди коливань стебел сої. Виявлено, що при збільшенні швидкості різання до 2,5 - 3 м/с деформація зосереджується в місці зрізу. Як наслідок, знизилося розкриття стулок бобів: в зоні А- розкриття відбувалося в 4 випадках з 100, в зоні В - в 8 випадках з 100 і в зоні С в 6 випадках з 100.

3. Проведені дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жатньою частиною зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич" показали, що найменші втрати насіння сої спостерігаються при частоті обертання шнека жатки 120 об/хв, швидкості різання 2,6 м/с і вологості насіння сої 14%.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги.

До керування самохідними машинами та зернозбиральними комбайнами допускаються лише працівники, які мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, пройшли спеціальне навчання та опанували вимоги безпечної експлуатації техніки. Вони повинні добре знати принцип роботи гідросистем, мати навички технічного обслуговування, регулювання та усунення несправностей комбайнів і відповідних адаптерів, а також пройти інструктаж з охорони праці.

Перед початком роботи комбайн необхідно забезпечити засобами пожежогасіння та провести перевірку технічного стану. При виїзді на дороги загального користування слід увімкнути габаритні вогні, впевнитись у справній роботі гальмівної системи, рульового управління, світової та звукової сигналізації, а також у правильному тиску в шинах. Під час руху необхідно суворо дотримуватися Правил дорожнього руху, зокрема не виконувати обгін транспортних засобів, швидкість яких дорівнює або перевищує максимальну швидкість комбайна. Перегін техніки дорогами загального користування у темну пору доби категорично забороняється.

5.2. Вимоги безпеки праці при збиранні сої зернозбиральним комбайном.

Монтаж жатних пристосувань дозволяється лише перевіреними та сертифікованими засобами, а перед обкаткою або запуском усі огороження та захисні пристрої повинні бути встановлені на місці. Перед виїздом у поле або переміщенням між ділянками необхідно перевірити справність рульового керування, гальмівної системи, механізмів перемикання швидкостей, світлової та звукової сигналізації, а також переконатися у правильному тиску в шинах. Пуск дизельного двигуна дозволяється лише при відсутності людей під

комбайном та при вимкненій муфті робочих органів, що підтверджується сигналом на щитку приладів.

Під час роботи комбайна оператор повинен перебувати на сидінні в кабіні, заборонено залишати кабінку під час руху. Не допускається виконання ремонту, регулювань та обслуговування під час роботи двигуна. Всі регулювання гідроприводів та вузлів проводяться лише на нерухомому комбайні та при знеструмленому або вимкненому двигуні. Забороняється затягувати з'єднання гідропроводів під тиском та працювати з системою при недостатньому рівні масла або при температурі масла понад 80 °С.

Особливу увагу слід приділяти пожежній безпеці: комбайн має бути забезпечений справним вогнегасником, лопатою та іншими необхідними засобами. Під час роботи слід контролювати відсутність підтікання палива та масла, перегрів підшипників і скупчення рослинних залишків на агрегатах. Двигун і вузли комбайна щоденно оглядають та при необхідності очищують від сміття та залишків рослин. Заправку палива дозволено проводити лише на нерухомому комбайні за межами поля, а регулювання гідропривода ходової та механізму підйому жатки – виключно в спеціалізованих майстернях.

У випадку аварійних ситуацій або травмування працівника необхідно надати першу медичну допомогу та викликати лікаря. При загорянні двигуна слід негайно заглушити його ліквідувати полум'я за допомогою вогнегасника або піску; категорично заборонено гасити нафтопродукти водою. Забезпечується безпечна робота поблизу високовольтних ліній – заправка та технічні роботи виконуються лише після перевірки надійного заземлення та від'їзду від ЛЕП. В умовах сильного вітру роботу комбайна слід призупинити, щоб уникнути поширення пожежі. Перед початком зварювальних робіт у польових умовах необхідно очистити майданчик та обладнати його пісочними та водяними засобами гасіння.

Після закінчення роботи обов'язково вимикають муфту робочих органів, обережно випускають гарячу воду та масло з двигуна, уникаючи опіків від пари чи гарячих поверхонь. При підготовці комбайна до тривалого зберігання розбирання і переміщення агрегатів проводиться тільки за допомогою справних підйомних засобів.

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО КОМБАЙНА ПРИ ЗБИРАННІ СОЇ

6.1. Вихідні дані

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору підвищення прибутковості рослинницьких підприємств значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення та ефективності використання зернозбиральної техніки. Збирання сої належить до технологічно складних процесів, у яких втрати врожаю можуть досягати 10–15 %, що істотно знижує кінцевий економічний результат господарства.

Одним із ключових чинників формування собівартості сої є якість роботи різального апарата комбайна, який визначає висоту зрізу, рівномірність подачі стеблової маси та величину втрат зерна за жаткою. Вдосконалення конструкції різального апарата дає змогу зменшити втрати на 5-7 %, підвищити продуктивність збирання та покращити якість технологічного процесу. Це, у свою чергу, забезпечує збільшення валового збору культури та підвищення рентабельності її вирощування.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності впровадження

№ п/п	Показник	Базовий варіант	Проект
1	Склад агрегату	КЗС-9-01	КЗС-9-01М
2	Обсяг робіт (Q), га	200	200
3	Балансова вартість (B), грн	810000	815000
4	Продуктивність за 1 год робочої зміни ($W_{год}$), га/год	3,2	3,6
5	Кількість обслуговуючого персоналу ($K_{пр}$), осіб	1	1
6	Годинна тарифна ставка ($ТС$), грн/год	11,18	11,18
7	Витрата палива ($H_{нмм}$), кг/га	10,4	9,6
8	Комплексна ціна 1 кг палива ($Ц_k$), грн	52	52
9	Тривалість зміни (T), год	7	7

6.2. Розрахунок економічної ефективності впровадження

Основною метою розрахунків є підтвердження економічної доцільності впровадження модернізованого різального апарата у виробництво та визначення очікуваного економічного ефекту для сільськогосподарського підприємства. Згідно методики [34] розрахуємо економічні показники роботи вдосконаленого комбайна при збиранні сої та порівняємо їх із базовим варіантом. Результати розрахунків представлені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

Техніко-економічні показники впровадження проекту

Показники	Варіант	
	базовий	проект
1. Обсяг роботи, га	200	200
2. Склад агрегату	КЗС-9-01	КЗС-9-01М
3. Продуктивність, га/год основного часу	3,2	3,6
4. Затрати праці на об'єм робіт, люд.-год	62,5	55,6
5. Експлуатаційні витрати, грн/га:		
- заробітна плата з нарахуваннями;	5,75	5,11
- витрати на ПММ;	332,8	307,2
- затрати на ТО, ТР і зберігання;	50,63	45,28
- амортизація основних засобів;	147,66	132,06
всього:	536,8	489,6
6. Капітальні вкладення, грн/га	4050	4075
7. Приведені витрати, грн/га	1114,3	1100,8
8. Річний економічний ефект, грн	-	8700
9. Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	-	1

6.3. Висновки

Впровадження вдосконаленого зернозбирального комбайну КЗС-9-01, який обладнано запропонованим різальним апаратом, дозволяє підвищити продуктивність та зменшити витрати палива. При цьому забезпечується річний економічний ефект 8,7 тис. грн. при терміні окупності додаткових вкладень за 1 рік експлуатації.

ВИСНОВКИ

1. Вивчення фізико-механічних властивостей рослин сої показало, що найбільша кількість бобів незалежно від сорту у рослини сої складають боби з трьома насінинами, менше - з двома і ще менше - з однією насіниною. Найбільшу масу насіння мають тринасінні боби, яка в три рази перевищує масу насіння в однонасінних бобах. Проте у тринасінних бобів довжина лінії стику стулок всього в 1,5 - 1,6 разу перевищує довжину лінії стику однонасінних.

При дослідженні впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність насіння сої було виявлено, що рослини, що отримали мікрошкодження, відстають у розвитку, мають меншу висоту прикріплення бобів, а продуктивність їх була нижча в 1,18 - 1,24 разу в порівнянні з контролем.

2. Теоретичні дослідження процесу зрізу рослин сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання дозволили обґрунтувати зменшення втрат насіння сої при зрізі із збільшенням швидкості різання.

Проведені теоретичні дослідження процесу зрізу рослин сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання дозволили обґрунтувати зменшення втрат насіння сої при зрізі із збільшенням швидкості різання.

3. В результаті проведених лабораторних досліджень по зрізу поодиноких стебел, що виключають дію мотовила, були отримані дані, що при зрізі поодиноких стебел при частоті обертання кривошипа 300 об/хв і швидкості подачі транспортера 1,0 м/с 95% стебел відкидалося в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера (у реальних умовах - за межі платформи жатки). Із збільшенням частоти обертання кривошипа до 500 об/хв і швидкості подачі транспортера до 2 м/с число стебел, що відкидаються в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера, знизилося до 80%.

4. Проведені дослідження реального процесу зрізу рослин сої показали, що зріз стебел сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання може відбуватися:

- а) без відгину, при використанні як підпір протирізального пальця;
- б) з відгином стебел, в зонах при швидкостях різання нижче 2,5 м/с;
- в) без відгину, при використанні інерційного підпору стебел, при швидкостях різання понад 2,5 м/с.

При аналізі кадрів швидкісної відеозйомки зрізу стебел рослини сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом при швидкостях різання від 0,5 до 2,5 м/с нами було отримано амплітуди коливань стебел сої. Виявлено, що при збільшенні швидкості різання до 2,5 - 3 м/с деформація зосереджується в місці зрізу. Як наслідок, знизилася розкриття стулок бобів: в прикореневій частині рослини сої розкриття відбувалося в 4% випадків, в середній зоні у 8% випадків і у верхній частині рослини в 6% випадків.

5. В результаті проведеної швидкісної відеозйомки роботи жатки комбайна КЗС-9 "Славутич" в польових умовах було зафіксовано, що під впливом робочих органів жатки на рослину сої відбувається розкриття стулок бобів.

6. Проведені дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жатньою частиною зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич" показали, що найменші втрати насіння сої спостерігаються при частоті обертання шнека жатки 120 об/хв, швидкості різання 2,6 м/с і вологості насіння сої 14%.

7. За результатами техніко-економічних розрахунків річний економічний ефект від використання оптимальних технологічних параметрів роботи жатки зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич" на збиранні сої за рахунок підвищення продуктивності та зменшення втрат складає 8,7 тис. грн. на площі 200 га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої / А.О. Бабич К.: Урожай, 1993. 429 с.
2. Бабич А.О. Соя // Зернобобові культури. К.: Урожай, 1984. С. 27-56.
3. Бабич А.О. Нові сорти сої і перспективи її виробництва в Україні // Пропозиція. 2007. - №4. С. 46-48
4. Воронюк В.П. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. М.: Колос. 1970
5. Гурикбал Сингх. Соя: биология, производство и использование (ред). – Киев: Издательский дом «Зерно», 2014. 656 с.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. М.: Колос, 1965. т.3. 381 с.
7. Дипломне та курсове проектування / Д.Г. Войтюк та ін.; За ред. О. В. Дацишина. К.: Урожай, 1996. 192 с.
8. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Мінагрополітики України: Навчально-методичний посібник / За ред Т.Д. Іщенко, І.М. Бендери. К.: Аграрна освіта, 2006. 256 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Индустриальная технология возделывания сои / под ред. А.П. Головашича. - М.: Россельхозиздат, 1985. 238 с.
11. Индустриальная технология возделывания сои / под ред. Р.А. Антипина. - М.: Агропромиздат, 1985. 50 с.
12. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В. А, Саун. М.: Колос, 1980.-671 с.
13. Комаристов В.Е. Сельскохозяйственные машины / В.Е. Комаристов, Н.Ф. Дунай. - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1984. 478с.
14. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин в четырех томах

- / Под ред. М.И.Клецкина.- М.: Машиностроение, 1967. Т.2. 830 с.
15. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. М.: Высшая школа. – 343 с.
 16. Левандовський І.Л. Производство и использование сои. К.: «Урожай»1988.
 17. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытания: учеб. пособие для вузов / М.Н. Летошнев. – 3-е изд., перераб и доп. М. Л.: Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1955. 764 с.
 18. Михайлов В.Г. Соя – универсальная культура. К.: Урожай, 1982.
 19. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. С. 63-79.
 20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
 21. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Колос, 1976. 752 с.
 22. Терентьев Ю.В. Механизация возделывания сои / Ю.В. Терентьев. – М.: Россельхозиздат, 1982. 128 с.
 23. Охрана труда в сельском хозяйстве. Справочник. Михайлов В.Н. и др. М: Агропромиздат, 1988 543 с.
 24. Панченко А.Н. Теория и расчет сельскохозяйственных машин: лабораторный практикум Днепропетровск: Днепропетровский аграрный университет, 2002.- 396с.
 25. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. М.: Машиностроение, 1975. С. 137-161.
 26. Румшинский З.Л. Математическая обработка результатов эксперимента / З.Л. Румшинский. М.: Наука, 1970. С. 12-36.
 27. Рустамов С.И. Высокопроизводительные режущие аппараты сельскохозяйственных уборочных машин / С.И. Рустамов. К.: Вища школа, 1985. 95 с.

28. Рустамов С.И. Физико-механические свойства растений и совершенствование режущих аппаратов уборочных машин. К.: Вища школа, 1981. 172 с.
29. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие для вузов. М.: Висш. шк., 1991 432 с.
30. Филатов Л.С. Механизатору о безопасности труда: Справочник в вопросах и ответах М.: Росагропромиздат, 1990 256с.
31. Шкрабак В.С., Казлаускас Г.К. Охрана труда. М: Агропромиздат. 1989. 480 с.
32. Храмцов Л.И. Соя – высокобелковая культура. Дніпропетровськ «Промінь» 1986.
33. Храмцов Л. И. Мировые агротехнологии: монографія / Л. И. Храмцов, В. Л. Храмцов. Днепропетровск: ИМА-пресс, 2010. 421 с.
34. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

ДОДАТКИ

**Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин**

Демонстраційний матеріал

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

Обґрунтування параметрів різального апарату для збирання сої

Виконав: Престинський Іван Олексійович

студент 2 курсу, групи МГАІз-1-24
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

Керівник: доц. Кобець О.М.

Метою роботи є розробка та дослідження ріжучого апарата жатки комбайна для зменшення втрат зернової частини сої.

Задачі роботи:

1. Провести аналіз існуючих технічних засобів для збирання сої.
2. Розробити математичну модель роботи різального апарату при збиранні сої.
3. Визначити фізико механічні властивості сої як об'єкту механізованого збирання.
4. Провести експериментальні дослідження відповідно до методики і програми робіт.
5. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати конструктивно-кінематичні параметри різального апарату для збирання сої.
6. Провести аналіз та розробити заходи з охорони праці при роботі зернозбирального комбайна на збиранні сої.
7. Провести оцінку економічної ефективності впровадження вдосконаленого різального апарату при збиранні сої

Об'єктом дослідження є процес зрізування сегментно-пальцевим різальним апаратом рослин сої.

Предметом дослідження є закономірності впливу конструктивно-кінематичних параметрів різального апарату на якісні показники збирання сої.

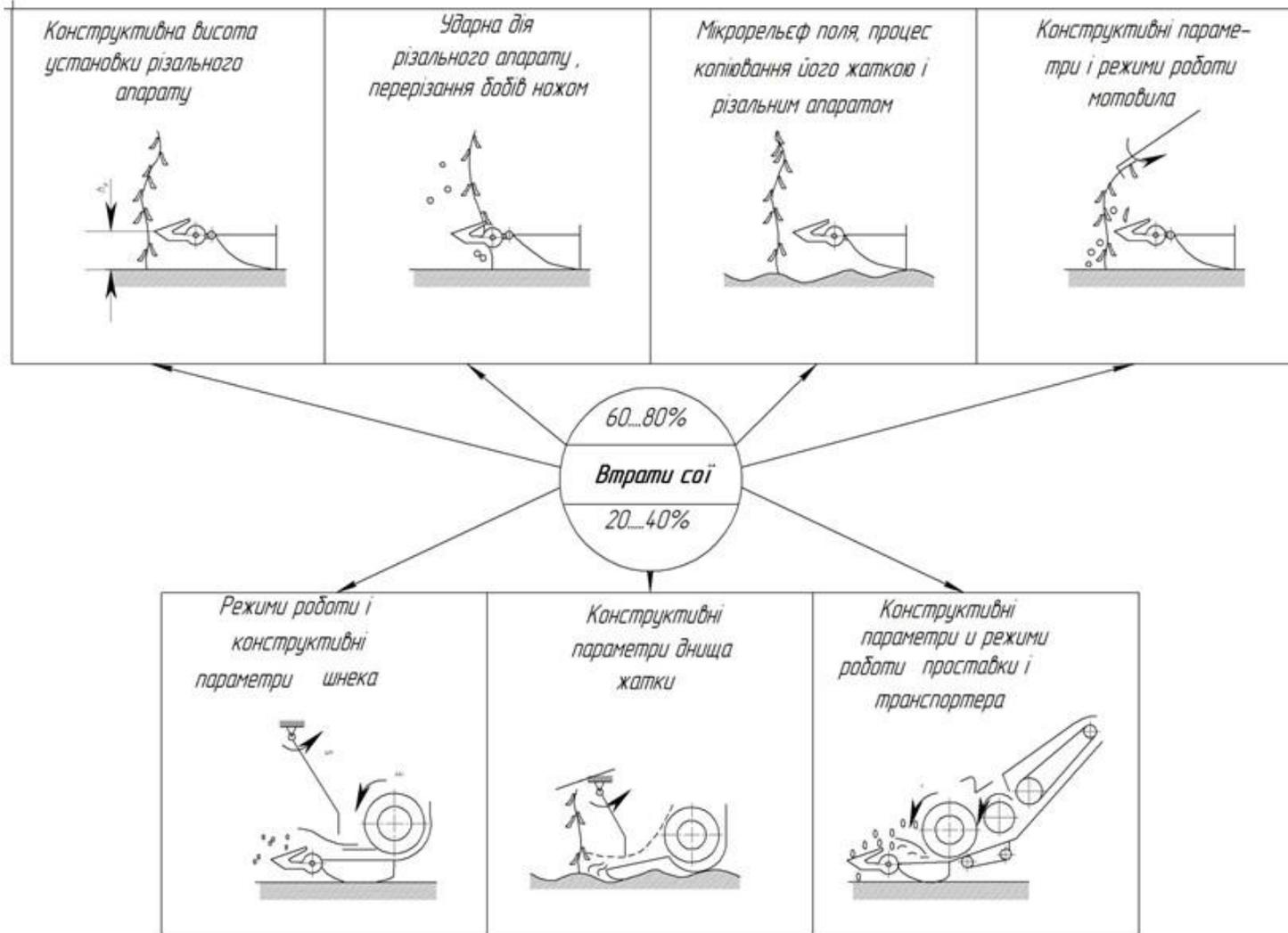
Методи дослідження. Для визначення і аналізу теоретичних закономірностей об'єкту і предмета досліджень використовували метод їх моделювання, а для визначення міри адекватності теоретичних закономірностей експериментальним використовували розрахунково-експериментальний метод із застосуванням пакетів програм "MathCAD" для виконання розрахунків і обробки та узагальнення отриманих результатів.

Особистий внесок здобувача. Проведено аналіз сучасного стану та перспективи розвитку пристроїв для зрізання сої. Визначено напрямки та обрано методи досліджень. Експериментальні дослідження проведено у лабораторії.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати досліджень доповідалися на кафедрі тракторів і сільськогосподарських машин Дніпровського державного аграрно-економічного університету, (Дніпро, 2025 рік).

Публікації. Результати магістерської роботи відображені у збірнику тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» 21 листопада 2025 року. ДДАЕУ, м. Дніпро.

ВТРАТИ СОЇ ПРИ ЗБИРАННІ



Теоретичні дослідження

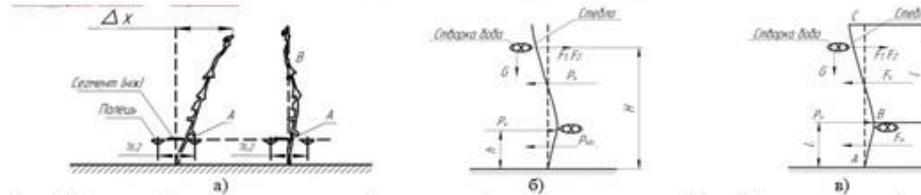


Рис. 1. Схеми до обґрунтування процесу зрізу рослини сої: а – зріз одного стебла сої; б, в – схема сил, діючих на рослину сої при зрізі; $P_{зр}$ – зусилля зрізу; $P_{обст}$ – опір стебла відгину; $P_{ин}$ – сила інерції стебла; F_1 та F_2 – сили інерції насіння; G – вага насіння; H – висота прикріплення боба; h – висота зрізу; F_{AB} – сила інерції стебла для ділянки AB ; F_{BC} – сила інерції стебла для ділянки BC ; l – довжина ділянки BC ; l_1 – довжина ділянки AB .

При відсутності безпосереднього підпору, зусилля зрізу $P_{зр}$ поглинається опором стебла відгину $P_{обст}$ і силою його інерції $P_{ин}$ (рис. 1, б). Тому при великій швидкості різання ножем сегментно-пальцевого апарату нормального різання стебло підтримується не пальцями, а пружною силою інерції $P_{ин}$, тобто зріз відбувається без підпору. При цьому сили інерції насіння F_1 та F_2 спрямовані убік протилежний до сили інерції стебла $P_{ин}$.

При цьому, стебло розглядається як затиснена одним кінцем балка, з одним ступенем свободи. З огляду на те, що стебло є складною конструкцією, тилом рівного опору вигину, вважатимемо його площу поперечного перерізу постійною.

Враховуючи зроблені припущення, вирішимо завдання про переміщення системи із зосередженою в точці прикладення сили $P_{зр}$ масою $m_{зр}$ під дією вказаної сили, що змінюється в часі $P_{зр} = P(t)$. Рівняння руху такої системи: $F_{зр} - P(t) = F_{пр}$ (1)

де $F_{пр}$ – сила пружності, відповідна пружному переміщенню чи жорсткість системи;

$$F_{пр} = m_{зр} \frac{d^2 y}{dt^2}$$

$$\text{Вносячи значення до рівняння (1) отримаємо: } F_{зр} - m_{зр} \frac{d^2 y}{dt^2} = P(t) \quad (2)$$

$$\text{або } \frac{d^2 y}{dt^2} - \omega^2 y = \frac{1}{m} P(t) \quad (3)$$

де: $\omega = \sqrt{\frac{F_{пр}}{m}}$ – частота коливань. При ударі по стеблу останньому повідомляється імпульс: $P \Delta t = m_{зр} V$.

$$\text{В цьому випадку рівняння (2) має наступне вирішення: } y = \frac{m_{зр} V}{M \omega} \sin \omega t \quad (4)$$

де y – прогин стебла в місці удару;
 $M = m_{зр} + m$ (m – приведена до точки удару маса ударяючого тіла).

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{M \lambda}} \quad (5)$$

де λ – переміщення у напрям діючої сили за умови, що остання дорівнює одиниці (так зване одиничне переміщення).

В результаті удару по стеблу сили інерції, що з'явилися, відхиляють його від того положення, яке він прагнув зайняти. Величина сили інерції обчислюється таким чином. Елементарна сила інерції нескінченно малої ділянки стебла:

$$dF = \frac{q}{g} \frac{d^2 y}{dt^2} dx \quad (6)$$

де q – вага одиниці довжини стебла:

$$q = \frac{G}{l}$$

де G – вага стебла, l – довжина стебла.

Повні сили інерції:

$$F_{AB} = \int_0^{\frac{3x}{2}} \frac{q \cdot 3x^2}{g \cdot 2l^2} \left(h_1 - \frac{x}{3} \right) \frac{m_{зр} V \omega}{M} \sin \omega t \cdot dx = - \frac{3m_{зр} q l_1}{8M} V \omega \sin \omega t \quad (7)$$

$$F_{BC} = - \int_{\frac{3x}{2}}^l \frac{q}{g} \left(\frac{3x}{2l} - \frac{1}{2} \right) \frac{m_{зр} V \omega}{M} \sin \omega t \cdot dx = \frac{q}{g} \left(\frac{3l^2}{4} - 2l - l_1 \right) \frac{m_{зр} V \omega}{M} \sin \omega t \quad (8)$$

Звідси максимальні сили інерції:

$$F_{AB_{max}} = \frac{3m_{зр} q l_1 V \omega}{8Mg} \quad (9)$$

$$F_{BC_{max}} = \frac{m_{зр} q}{4Mg} \left(\frac{3l^2}{4} - 2l - l_1 \right) V \omega \quad (10)$$

де $m_{зр}$ – маса, зосереджена в точці прикладення сили $P_{зр}$; q – вага одиниці довжини стебла, M – маса рівна сумі $m_{зр}$ і m (m – приведена до точки удару маса ударяючого тіла), g – прискорення вільного падіння, l – довжина ділянки висота зрізу, довжина ділянки AB , ω – частота коливань системи, V – швидкість ударяючого тіла.

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5

Відповідно до поставлених завдань і результатів теоретичних досліджень програма робіт передбачала вирішення наступних задач:

1. Дослідження фізико-механічних властивостей рослин, бобів і насіння сої, що впливають на втрати за жаткою зернозбирального комбайна.

Оцінка впливу механічного травмування насіння на розвиток і продуктивність рослин сої.

Проведення моделювання і розробка методики зрізу поодиноких стебел рослин сої.

4. Дослідження явища зрізу рослин сої сегментно-пальцьовим різальним апаратом нормального різання.

5. Дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жатною частиною зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич".

ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ



Електронні ваги ВЛТЭ- 500



Електронний штангенциркуль



Мобільна система відеореєстрації швидкісних процесів



Швидкісна цифрова відеокамера Fastvideo – 200

Схема лабораторної установки для дослідження різального апарату

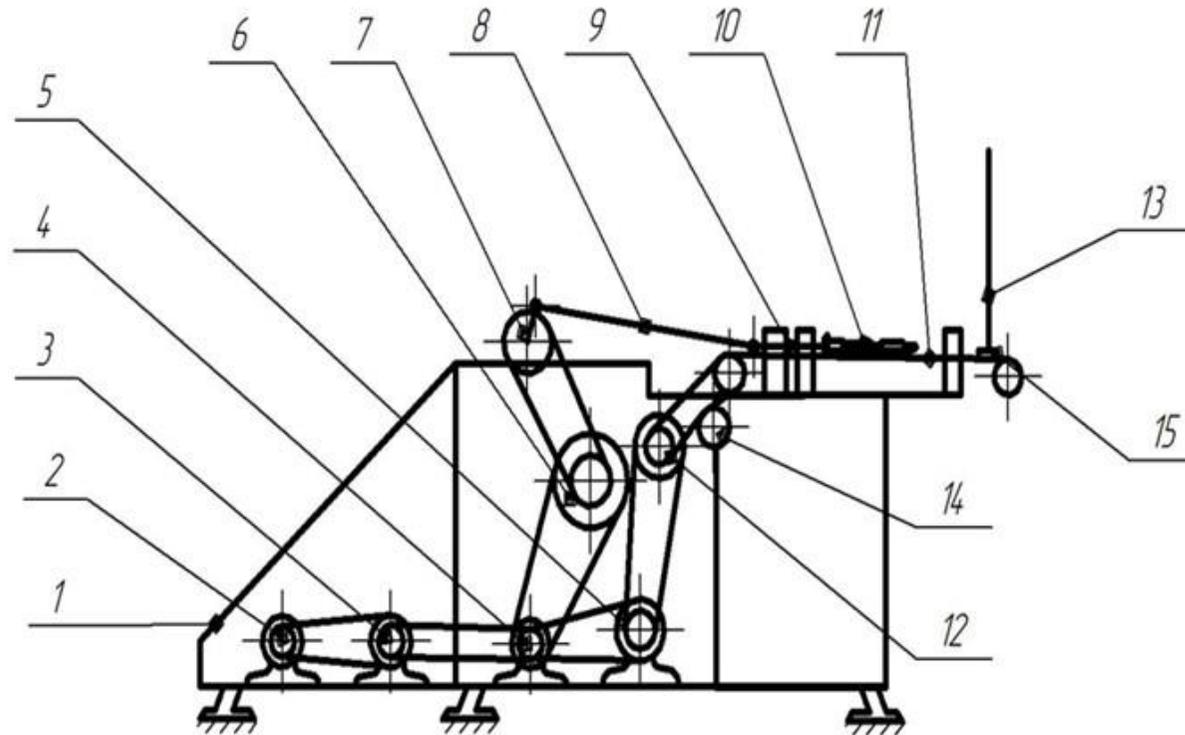
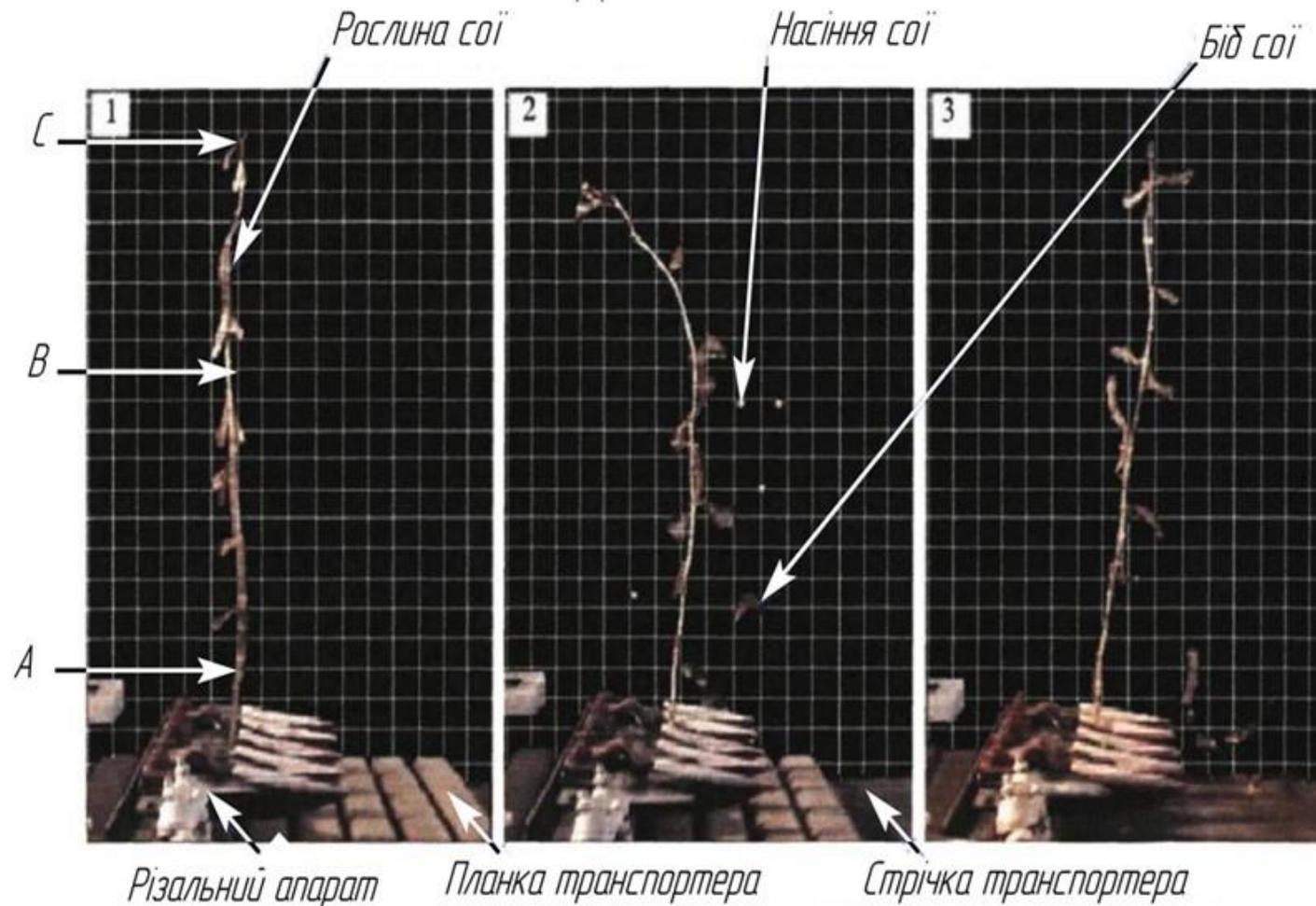


Схема лабораторної установки по дослідженню різального апарату : 1 - рама;
 2 - електродвигун; 3 - редуктор; 4, 5 - контрприводи; 6, 12 - варіатори; 7 - кривошип;
 8 - шатун; 9 - коромисло; 10 - змінний різальний апарат; 11 - подаючий транспортер;
 13 - стебло; 14 - механізм включення приводу транспортера, 15 - планка транспортера.

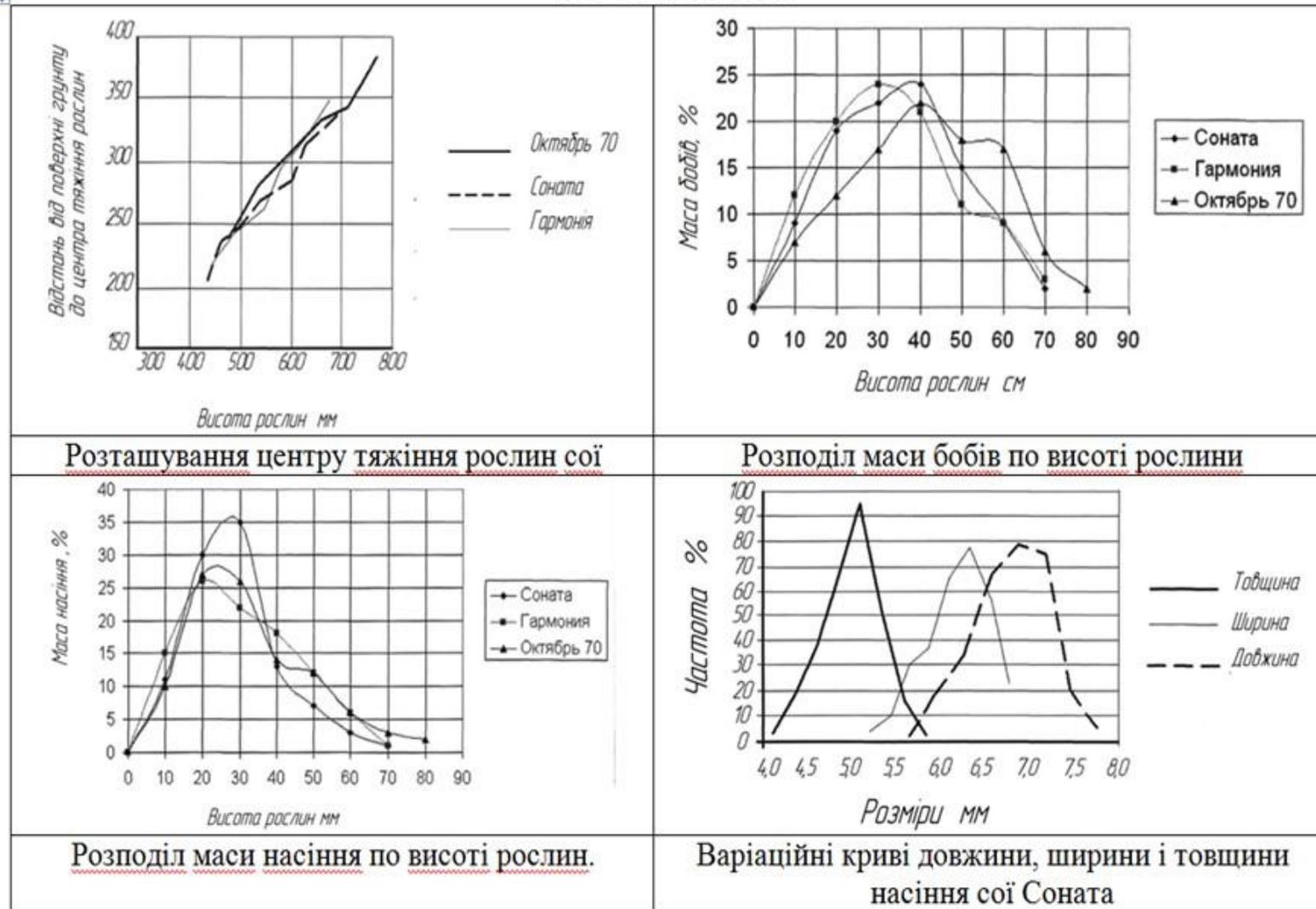
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЗРІЗУ РОСЛИН СОЇ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ

7



Відефіксація зрізу рослини сої при швидкості різання 2 м/с і швидкості транспортера 2,0 м/с: 1 - рослина сої у момент зустрічі з сегментом різального апарату; 2 - удар, деформація, розкриття ступок бобів, облив боба; 3 - зріз рослини

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗМІРНО-МАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОСЛИН СОЇ



АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ВТРАТ СОЇ ПРИ РОБОТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

З метою визначення оптимальних режимних параметрів роботи шнека жатки зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич", швидкості різання і вологості насіння на збиранні сої був проведений багатофакторний експеримент. Для отримання математичної моделі реалізований повний факторний експеримент 2^3 . Рівні і інтервали варіювання перерахованих факторів, вибиралися на підставі попередніх лабораторних і польових досліджень, в ході яких були виявлені межі варіювання частоти обертання шнека жатки $n = 120-160$ об/хв, швидкості різання $V = 1,4 - 2,6$ м/с і вологості насіння сої $W = 10 - 14\%$. Критерій оптимізації – втрати сої Q .

Інтервали і рівні варіювання факторів

Рівні варіювання факторів	Фактори			Фактори в кодованому виді		
	n , об/хв	W , %	V , м/с	x_1	x_2	x_3
Верхній рівень	160	14	2,6	+1	+1	+1
Основний рівень	140	12	2,0	0	0	0
Нижній рівень	120	10	1,4	-1	-1	-1
Інтервал варіювання	20	2	0,6	0	0	0

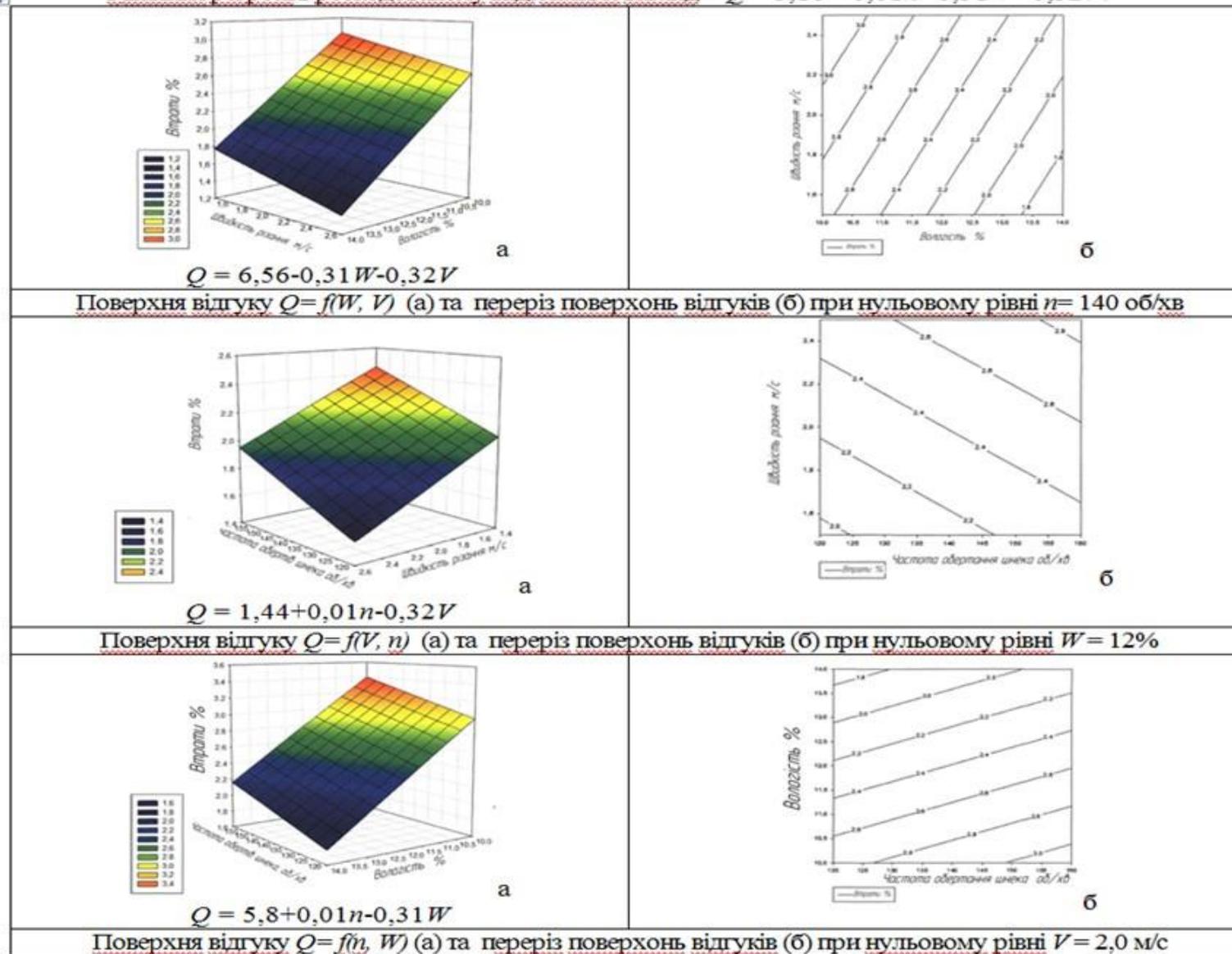
Рівняння регресії має вигляд

$$y = 2,3 + 0,21x_1 - 0,62x_2 - 0,16x_3$$

Адекватність отриманих рівнянь перевірялася за критерієм Фішера, який в нашому випадку рівний $F = 19,4$. Розрахункове значення критерію Фішера склало $F = 12,085$. Отже, рівняння регресії адекватно описує процес у рамках досліджуваної області.

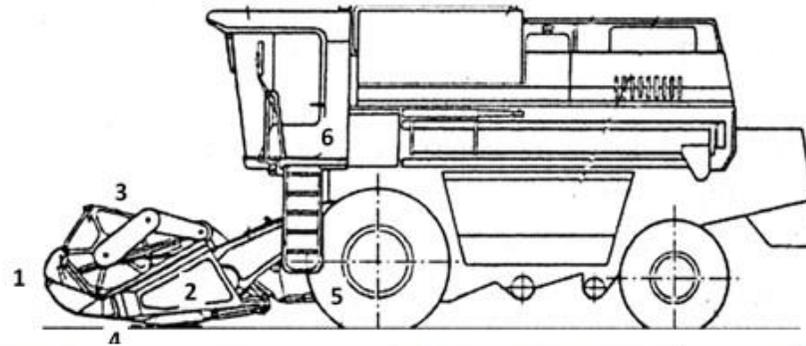
Рівняння регресії в розкодованому виді матиме вигляд $Q = 5,16 + 0,01n - 0,31W - 0,32V$.

ГРАФІЧНА ІНТЕРПРИТАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ



Охорона праці

11



Зона	Небезпечний фактор	Знак чи символ небезпеки	Заходи по запобіганню травматизму
1	Агрегат, що рухається		Забороняється знаходитися між комбайном та універсальним пристосуванням
2	Деталі передач, що обертаються		Не допускається експлуатація агрегату без захисних кожухів
3	Робочі органи, що обертаються		Забороняється очистка робочих органів без використання спеціальних пристроїв
4	Різальний апарат жатньої частини		Технічне обслуговування проводити при зупиненому двигуні комбайна
5	Колеса комбайна		При зупинці агрегату встановити противовідкатні колодки
6	Небезпечна висота		Забороняється знаходитися на агрегаті під час роботи

Техніко – економічні показники впровадження

12

Показники	Варіант	
	базовий	проект
1. Обсяг роботи, га	200	200
2. Склад агрегату	КЗС-9-01	КЗС-9-01М
3. Продуктивність, га/год основного часу	3,2	3,6
4. Затрати праці на об'єм робіт, люд.-год	62,5	55,6
5. Експлуатаційні витрати, грн/га:		
- заробітна плата з нарахуваннями;	5,75	5,11
- витрати на ПММ;	332,8	307,2
- затрати на ТО, ТР і зберігання;	50,63	45,28
- амортизація основних засобів;	147,66	132,06
всього:	536,8	489,6
6. Капітальні вкладення, грн/га	4050	4075
7. Приведені витрати, грн/га	1114,3	1100,8
8. Річний економічний ефект, грн	-	8700
9. Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	-	1

ВИСНОВКИ

1. Вивчення фізико-механічних властивостей рослин сої показало, що найбільша кількість бобів незалежно від сорту у рослини сої складають боби з трьома насінинами, менше - з двома і ще менше - з однією насіниною. Найбільшу масу насіння мають тринасінні боби, яка в три рази перевищує масу насіння в однонасінних бобах. Проте у тринасінних бобів довжина лінії стику стулок всього в 1,5 - 1,6 разу перевищує довжину лінії стику однонасінних.

При дослідженні впливу механічного травмування на розвиток і продуктивність насіння сої було виявлено, що рослини, що отримали мікроушкодження, відстають у розвитку, мають меншу висоту прикріплення бобів, а продуктивність їх була нижча в 1,18 - 1,24 разу в порівнянні з контролем.

2. Теоретичні дослідження процесу зрізу рослин сої сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання дозволили обґрунтувати зменшення втрат насіння сої при зрізі із збільшенням швидкості різання.

Проведені теоретичні дослідження процесу зрізу рослин сої сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання дозволили обґрунтувати зменшення втрат насіння сої при зрізі із збільшенням швидкості різання.

3. В результаті проведених лабораторних досліджень по зрізу поодиноких стебел, що виключають дію мотовита, були отримані дані, що при зрізі поодиноких стебел при частоті обертання кривошипа 300 об/хв і швидкості подачі транспортера 1,0 м/с 95% стебел відкидалося в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера (у реальних умовах - за межі платформи жатки). Із збільшенням частоти обертання кривошипа до 500 об/хв і швидкості подачі транспортера до 2 м/с число стебел, що відкидаються в напрямі, зворотному руху подаючого транспортера, знизилося до 80%.

4. Проведені дослідження реального процесу зрізу рослин сої показали, що зріз стебел сої сегментно-пальцевим різальним апаратом нормального різання може відбуватися:

- а) без відгину, при використанні як підпір протирізального пальця;
- б) з відгином стебел, в зонах при швидкостях різання нижче 2,5 м/с;
- в) без відгину, при використанні інерційного підпору стебел, при швидкостях різання понад 2,5 м/с.

При аналізі кадрів швидкісної відеозйомки зрізу стебел рослини сої сегментно-пальцевим різальним апаратом при швидкостях різання від 0,5 до 2,5 м/с нами було отримано амплітуди коливань стебел сої. Виявлено, що при збільшення швидкості різання до 2,5 - 3 м/с деформація зосереджується в місці зрізу. Як наслідок, знизилася розкриття стулок бобів: в прикореневій частині рослини сої розкриття відбувалося в 4% випадків, в середній зоні у 8% випадків і у верхній частині рослини в 6% випадків.

5. В результаті проведеної швидкісної відеозйомки роботи жатки комбайна КЗС-9 "Славутич" в польових умовах було зафіксовано, що під впливом робочих органів жатки на рослину сої відбувається розкриття стулок бобів.

6. Проведені дослідження впливу частоти обертання шнека жатки, швидкості різання і вологості насіння сої на втрати за жатковою частиною зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич" показали, що найменші втрати насіння сої спостерігаються при частоті обертання шнека жатки 120 об/хв, швидкості різання 2,6 м/с і вологості насіння сої 14%.

7. За результатами техніко-економічних розрахунків річний економічний ефект від використання оптимальних технологічних параметрів роботи жатки зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич" на збиранні сої за рахунок підвищення продуктивності та зменшення втрат складає 6128 грн. на площі 200 га.