

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу розстеляння стрічки льону з удосконаленням розстилального пристрою льонокомбайна»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм- 21 спеціальності 208 Агроінженерія за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія»

Ковела І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник Юхимчук С.Ф.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Пуць В.С.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2024

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

к-сть листів

- | | |
|---|--------|
| 1. Вихідні дані | 1 лист |
| 2. Теоретичні положення | 1 лист |
| 3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень | 1 лист |
| 4. Результати експериментальних досліджень | 1 лист |
| 5. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування | 1 лист |
| 6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова) | 1 лист |
| 7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла | 1 лист |

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання 30 грудня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	17.06. – 01.07.2024 р.	<i>Виконано</i>
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	20.08 – 31.08.2024 р.	<i>Виконано</i>
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2024 р.	<i>Виконано</i>
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2024 р.	<i>Виконано</i>
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2024 р.	<i>Виконано</i>
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2024 р.	<i>Виконано</i>
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2024 р.	<i>Виконано</i>
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2024 р.	<i>Виконано</i>
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2024 р.	<i>Виконано</i>
10	Нормоконтроль	до 04.12.2024 р.	<i>Виконано</i>
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	04.12.– 14.12.2024 р.	<i>Виконано</i>

Студент

Ковела І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Юхимчук С.Ф.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ковела І. - Дослідження процесу розстиляння стрічки льону з удосконаленням розстиляльного пристрою льонокомбайна. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності 208 - Агроінженерія. Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2024.

Основний зміст кваліфікаційної роботи магістра викладено на 59 сторінках друкованого тексту. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань із 21 найменувань та 3 додатків, а також має 10 рисунків і 2 таблиць. Повний обсяг роботи становить 63 сторінок.

У даній роботі магістра наведено літературний огляд по даній тематиці, проаналізовано способи збирання льону, наявні конструкції льонозбиральних машин та їх пристроїв для розстиляння стеблової стрічки льону, виявлено недоліки та запропоновано способи і засоби їх усунення; теоретично досліджено взаємодію вібрувального щита пристрою зі стеблами стрічки та встановлено аналітичні залежності між його параметрами й режимами роботи і показниками руху стебел стрічки льону; обґрунтовано програму та методикку експериментальних досліджень і визначено сукупний вплив частоти коливань вібраційного щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстиляння; запропоновано експериментальний зразок розстиляльного пристрою з обґрунтованими параметрами, проведено лабораторні дослідження, з'ясовано агротехнічні показники якості стеблової стрічки.

Ключові слова: розстиляльний пристрій, льонозбиральний комбайн, стеблова стрічка льону, льон-довгунець, розстиляння, вібраційний щит, агрегат.

ABSTRACT

Kovela I. – Process study of spreading flax sliver with improvement flax harvester spreading device. Manuscript.

Master's qualification work under the educational and professional program "Agroengineering" specialty 208 - Agricultural engineering. Lutsk National Technical University, Lutsk, 2024.

The main content of the master's thesis is laid out on 59 pages of printed text. The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references from 21 titles and 3 appendices, and also has 10 figures and 2 tables. The full volume of the work is 63 pages.

This master's thesis provides a literature review on this topic, analyzes methods of flax harvesting, existing designs of flax harvesting machines and their devices for spreading flax stalk tape, identifies shortcomings and proposes methods and means of eliminating them; theoretically studies the interaction of the device's vibrating shield with the stalks of the tape and establishes analytical dependencies between its parameters and operating modes and indicators of movement of flax stalks; justifies the program and methodology of experimental research and determines the cumulative effect of the vibration frequency of the spreading device's vibrating shield and the number of stalks per linear meter of flax stalk tape on its relative stretchability after spreading; proposes an experimental sample of the spreading device with justified parameters, conducts laboratory studies, and clarifies the agrotechnical indicators of the quality of the stalk tape.

Key words: spreading a device, collective combine for flax, ribbon of stems, flax, inlaying, vibration shield, aggregate.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
АНОТАЦІЯ.....	3
ABSTRACT.....	4
ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1 Характеристика оброблюваного матеріалу	10
1.2 Способи збирання льону	13
1.3 Аналіз конструкцій розстиляльних пристроїв льонозбиральних машин	14
1.4 Огляд досліджень властивостей льону та пристроїв для розстилання стеблової стрічки льону	18
1.5 Постановка питання, мета та задачі дослідження	21
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....	22
2.1 Відомості про технологічний процес та опис запропонованої конструкції.....	22
2.2 Визначення основних конструктивних параметрів розстиляльного пристрою	24
2.3 Аналіз руху стеблової стрічки льону на вібрувальному щиті розстиляльного пристрою	26
2.4 Висновки.....	33
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1 Програма експериментальних досліджень	34
3.2 Опис експериментальної установки та апаратури, що використовуються при експериментальних дослідженнях	35
3.3 Методика статистичної обробки даних	39

3.4	Методика дослідження шорсткості поверхні стебла льону-довгунця	42
3.5	Методика дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання	43
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
4.1	Визначення шорсткості поверхні стебла льону-довгунця	45
4.2	Дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання	47
4.3	Висновки	55
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	57
	ДОДАТКИ	59

ВСТУП

У світі спостерігається тенденція до зростання попиту на натуральні волокна, зокрема, одержані з льону-довгунця. Це пояснюється розширенням сфери застосування натуральних волокон внаслідок створення нових видів продукції на їх основі. Відходи виробництва льоноволокна також знайшли широке застосування. З лляної костриці виготовляють паливні брикети, добрива на основі торфу та матеріали, що використовуються в будівельній та меблевій промисловості. Насіння льону-довгунця використовується в харчовій, фармацевтичній, лакофарбовій та парфумерній галузях промисловості. Відходи переробки насіння – макуху та шрот, використовують у кормовиробництві.

В даний час Україна залежна від бавовняних країн по сировині. Тому для забезпечення економічної і стратегічної незалежності країни вкрай важливо мати вітчизняну целюлозно-волокнисту сировину для виробництва, наприклад, вати, тканин для армії, нетканих матеріалів і ниток для медицини, пороху і вибухових речовин з нітроцелюлози льону. [1, 2, 7, 10, 13, 17, 21].

Оцінка сучасного стану проблеми на основі аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури. Сучасні технології збирання льону передбачають приготування льонотрести на льоновищі у стрічках, які розстилаються льонозбиральними комбайнами. Наявні розстилальні пристрої комбайнів недостатньо якісно виконують процес розстилання стеблової стрічки на льоновищі. Розстелені ними стеблові стрічки мають високі значення відносної розтягнутості та перекошу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви. А тому важливим є завдання поліпшення якості розстилання стеблової стрічки льонозбиральним комбайном на основі удосконалення конструкції та обґрунтування параметрів розстилального пристрою з активною робочою поверхнею [3, 5, 8, 10, 12, 13].

Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить про те, що є чимало праць, які присвячені вивченню процесів розстилання стеблової стрічки причіпними комбайнами. Поряд з цим, самохідним комбайнам, що мають подібні розстилальні пристрої, але дещо інше розміщення робочих органів,

приділялось менше уваги. Тому ряд питань залишився поза увагою дослідників і, в першу чергу, питання щодо застосування в конструкції льонокомбайна розстиляльного пристрою з активною робочою поверхнею для покращання якості розстилання стеблової стрічки [3, 12, 13].

Найвагоміший внесок у поглиблення досліджень пристроїв льонозбиральних машин для розстилання стеблової стрічки та їх складових внесли Г.А. Хайліс, М.Н. Биков, М.М. Ковальов, П.К. Кондрашук, М.Н. Шрейдер, А.С. Маят, В.Г. Черніков, В.М. Луценко, В.Ф. Ярошенко, В.Б. Ковальов, М.М. Труш, В.Н. Аносов, В.І. Соснов, Н.А. Смірнов, В.І. Сізов, В.Ф. Дідух, А.Ю. Горбовий, С.Ф. Юхимчук, Ю.А. Ситніков, А.С. Смірнов, В.І. Залужний, С.М. Рудий, М.М. Толстушко та інші.

У результаті проведеного аналізу літературних джерел і патентної інформації встановлено низку питань, які потребують вивчення. Зокрема, не достатньо досліджено: взаємодію стеблової стрічки льону з активною робочою поверхнею розстиляльного пристрою; залежність відносної розтягнутості стеблової стрічки льону від сукупного впливу кількості стебел на її погонному метрі та частоти коливань вібрального щита розстиляльного пристрою. Наведені аргументи зумовили вибір теми роботи, визначили її мету та завдання.

Актуальність роботи. Аналіз способів збирання льону та технічних засобів для їх реалізації свідчить, що наявні конструкції льонокомбайнів не забезпечують необхідної якості розстилання стрічки стебел на льоновищі, розстелені стрічки мають високі значення розтягнутості та перекосу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви. Покращання якості розстилання стрічки стебел можливе завдяки удосконаленню конструкції та системному обґрунтуванню параметрів і режимів роботи розстиляльного пристрою льонозбирального комбайна.

Мета роботи полягає у поліпшенні якості розстилання стеблової стрічки льону-довгунцю на підставі удосконалення конструкції та обґрунтування параметрів розстиляльного пристрою льонозбирального комбайна.

Об'єкт дослідження – процес розстилання стеблової стрічки льону, робочі органи розстилальних пристроїв самохідних льонозбиральних комбайнів, стеблова стрічка льону-довгунцю.

Предмет дослідження – залежність показників якості виконання процесу розстилання стеблової стрічки льону від параметрів і режимів роботи робочого органу розстилального пристрою самохідного льонозбирального комбайна та параметрів стеблової стрічки.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведені із застосуванням методів теоретичної та аналітичної механіки, теорії механізмів і машин, математичного, а також числових методів розв'язку задач з використанням ПК. Експериментальні дослідження проведені з застосуванням стандартних методик та методів математичної статистики.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачі, що полягають у дослідженні взаємодії вібрувального щита розстилального пристрою зі стеблами стрічки і встановленні залежностей між параметрами й режимами роботи пристрою та показниками руху стебел стрічки льону.

Результати роботи можуть бути використані для наступних дисертаційних досліджень. А також будуть корисними для спеціалізованих установ, які займаються розробленням та удосконаленням вітчизняної льонозбиральної техніки.

Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались на IV студентській науково-технічній конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні» факультету аграрних технологій та екології Луцького НТУ [8].

Логіка дослідження зумовила структуру роботи магістра: вступ, 4 розділи, загальні висновки, перелік джерел посилання із 21 найменувань, 3 додатків. Загальний обсяг 59 сторінок.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристика оброблюваного матеріалу

Льон-довгунець – одностеблова, високоросла рослина з тонким гладеньким стеблом і коротким суцвіттям. Стебло покрите восковим нальотом і має зелене (рідше темно-зелене) забарвлення. Суцвіття – парасолькоподібна китиця з невеликою кількістю насінневих коробочок, причому найбільше останніх у рідких посівах льону (до 10 коробочок і більше). Плід – це округла, рідше куляста коробочка довжиною 6,2...8,3 мм та шириною 5,7...6,8 мм, у якій дозріває 10 насінин яйцеподібної форми. Стиглі коробочки залишаються закритими і лише при перестою на корені відбувається їх розтріскування та осипання насіння. Насінина – плоска, гладенька, блискуча, слизька, з дещо звуженим і злегка зігнутим носиком, коричнева, рідше світло-жовта. Маса 1000 насінин коливається від 3,5 до 6,6 г. Розміри насінини льону-довгунцю: довжина – 3,2...4,8 мм, ширина – 1,5...2,8 мм, товщина – 0,5...1,2 мм. Квітки у льону-довгунцю п'ятірного типу, правильні, діаметром 15...21 мм. У центрі квітки міститься п'ятигніздна зав'язь з п'ятьма довгастими приймочками, оточеними п'ятьма тичинками з пиляками. Віночок квітки блакитний або білий. Листки розміщені на стеблі льону-довгунцю переважно по спіралі, із загушенням у нижній третині стебла до 25...35 і поступовим розрідженням у верхній частині до 10...15. Листки завдовжки 30...40 мм і завширшки 2...5 мм – ланцетні, тоненькі, трижильні, з гладенькими краями, безчерешкові, переважно зеленого забарвлення. Листки покриті слабким восковим нальотом. Під час дозрівання льону листя на ньому відмирає [4, 5, 7, 9, 10, 15].

Найголовнішою продуктивною частиною льону-довгунцю є стебло, що містить від 20 до 30 % і більше волокна. За зовнішнім виглядом стебло нагадує видовжений конус, розширений до основи та звужений до верхівки. Стебло характеризується загальною l (70...130 см і більше) та технічною l_{mex} (50...110

см і більше) довжиною. Причому загальна довжина стебла l – це відстань від місця прикріплення сім'ядольних листків до верхівкової коробочки суцвіття, а технічна довжина стебла l_{tex} – це відстань від місця прикріплення сім'ядольних листків до початку розгалуження суцвіття.

Зовнішня поверхня стебла покрита тоненькою міцною шкірочкою з восковим нальотом – кутикулою 1 (рис. А.1, а). Далі, під епідермісом 2, залягає шар клітин корової паренхіми 3, яка є з'єднувальною тканиною стебла та зберігає поживні речовини. У паренхімі групами чи загальним кільцем залягають волокнисті пучки лубу 4, які складаються із видовжених товстостінних клітин. За ними розміщені клітини провідної системи лубу, які разом з епідермісом, паренхімою та волокнистими пучками лубу утворюють корову частину стебла. Під корою за паренхімою розміщується тонкий шар камбію 5 у вигляді кільця. Деревина 6 містить велику кількість судин, якими рухаються вода і поживні речовини від кореня до всіх надземних органів рослини. Центральна частина стебла – серцевина 7, вона складається з тонких, неміцних клітин, які при досяганні рослини руйнуються і утворюють порожнину 8 [4, 5, 7,9, 10, 15].

Найбільш цінною частиною стебла є волокнисті пучки лубу (рис. А.1, б). Ці пучки складаються з дуже видовжених веретеноподібних елементарних волокон (рис. А.1, в) довжиною в середньому 20...30 мм і товщиною 20...30 мкм, з'єднаних між собою пектином.

За товщиною стебел, яку вимірюють на рівні 1/3 частини їх висоти від місця прикріплення сім'ядольних листків, льон-довгунець поділяють на 3 групи: тонкостебловий – товщиною 0,8...1,2 мм, середньостебловий – 1,3...2,0 мм та товстостебловий – 2,1 мм і більше.

Корінь льону-довгунцю стрижневий завдовжки до 1 м і більше, бічні корінці розташовуються у верхній частині головного кореня на глибині 14...18 см.

Основні дані, що характеризують стеблостій льону в період збирання представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні дані, що характеризують стеблостій льону під час збирання

Показники	Значення показників
1	2
Врожай льону на корені в ц/га:	
в сирому вигляді	30...120
в повітряно-сухому стані	20...60
Число стебел на 1 м ² поля	500...2500
Довжина на яку потрібно витягнути стебло із землі до повного відривання (довжина шляху дії зусилля), в см	2...6
Висота зони головок в стеблостої льону на корені, в см	30...60
Щільність кг/м ³	
стебел	100
головок	150
насіння	1150
Зусилля розриву верхньої частини стебла в Н	20...40
Зусилля розриву середньої частини стебла в Н	30...60
Коефіцієнти тертя свіжовибраних стебел:	
по сталі	0,4...1,0
по дереву	0,5...0,6
по гумі	0,6...0,9
по стеблам	0,5...0,8
Сила, необхідна для зламу свіжовибраних стебел в Н:	
на 1/3 довжини від кореня	0,20...7,00
на 2/3 довжини від кореня	0,10...5,00
в зоні суцвіття	0,03...0,15
Сила, яка необхідна для розриву стрічки льону в Н	
при густоті стрічки 1600...3200 стебел на 1 пог. м.	10...50
при густоті стрічки 4800...6400 стебел на 1 пог. м.	25...30
Засміченість стеблостою в %	до 25%
Довжина стебел в см:	
загальна	70...130
технічна	50...110
Діаметр стебел (на 1/3 висоти) в мм	0,8...2,4
Вологість на корені в %	
стебел	25...70
головок	20...70
бур'яни	10...90
Маса одного стебла льону з головками в г	0,5...2,5
Сила, необхідна для висмикування стебла із ґрунту, Н	4...12

1.2 Способи збирання льону

Використовують два основні способи збирання льону – комбайновий і роздільний, для яких розроблені комплекси машин [4, 5, 7, 9, 10, 15].

Комбайновий спосіб найпоширеніший (на Україні близько 80% всіх посівів льону збиралось ним) і включає в себе операції : брання льону з одночасним обчисуванням насінневих коробочок і розстиланням соломки у стрічку на льонищі або в'язанням соломки у снопи, сушіння і переробку вороху, піднімання трести. Комплекс машин: льонокомбайни ЛК-4А, ЛКВ-4А; тракторний причіп 2ПСТ-4М або 2ПТС-4М-785 А; обертач ОСН-1; підбирач ПТН-1; підбирач-порцієутворювач ПНП-3; переобладнаний рулонний прес-підбирач ПРП-1,6; навантажувач ПФ-0,5 з пристосуванням ППЛ-0,5 або для складання снопів ППС-3; сушильний пункт з комплектом обладнання для переробки вороху. Для розбиття поля на заїнки використовують льонобралку ТЛН-1,5.

Роздільний спосіб збирання полягає у наступному : вибраний льон розстилають на льонищі тонкою стрічкою для просушування і дозрівання насіння. Потім його піднімають і обмолочують , а соломку знову розстилають на льонищі для одержання трести або в'язують у снопи для здачі на льонозавод. Брання льону проводять льонобралками ТЛН-1,5, ТЛН-1,5А, а просохлу стрічку підбирають і обмолочують підбирачем-молотаркою ЛМН-1, ЛМН-1В. Останнім часом впроваджується такий різновид роздільного способу збирання, як комбінований спосіб. Його особливість полягає у тому, що підбирач-молотарка замість обмолоту коробок із стрічки повинна їх обчисувати. У такому випадку за сприятливої погоди одержують сухий ворох, а за дощової–вологий . У першому випадку його одразу можна доробляти на молотарці-віялці МВ-2,5 А, а у другому потрібно спочатку досушити на сушарці.

Аналіз цих способів збирання льону [1, 4, 5, 7, 9, 10] показує, що комбайновий спосіб має більшу перевагу перед роздільним. По-перше, він може бути використаний у всіх кліматичних зонах країни і при довільних

погодних умовах. По-друге, він дозволяє забезпечити поточність збирання, при цьому відпадає ряд операцій, які потребують затрат ручної праці.

1.3 Аналіз конструкцій розстиляльних пристроїв льонозбиральних машин

Одним із важливих вузлів, який виконує заключну операцію в льонозбиральній машині – розстилення стрічки стебел льону на льоновищі, є розстиляльний пристрій.

Загальна класифікація розстиляльних пристроїв льонозбиральних машин представлена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Загальна класифікація розстиляльних пристроїв льонозбиральних машин

Часто застосовуються розстилальні пристрої з активними робочими органами – пасовими транспортерами, які транспортують стрічку стебел льону та вкладають її на льоновищі. Для прикладу, такий розстилальний пристрій мають льонорозстилальні машини ЛРМ–2 та льонопідбирачі-молотарки ЛМН–1. Для більш якісного розстилання стеблової стрічки застосовуються розстилальні пристрої з комбінованими робочими органами, в яких поряд з пасовими транспортерами розміщені напрямні прутки [13].

На сьогодні відомо конструкції льонозбиральних машин, розстилальні пристрої яких забезпечують виконання ще однієї або декількох операцій крім розстилання стрічки стебел. Тобто, одночасно з розстиланням можуть виконуватись операції підрівнювання, плющення, перевертання чи повертання стрічки стебел льону. Такі пристрої ще називають підрівнювально-розстилальними, плющильно-розстилальними, перевертально-розстилальними та іншими назвами. Зокрема, в машині ЛМН–1 одним пристроєм здійснюється перевертання і розстилання стеблової стрічки, а в машині ЛК–4А – її повертання та розстилання.

Розстилальний пристрій льонокомбайна ЛК–4А містять пасивний робочий орган виконаний у вигляді похилої плоскої поверхні. Конструкція цих пристроїв є дуже простою - складається зі стола і телескопічної опори. Стіл встановлюється на рамі машини в цапфах і закріплюється хомутами. Знизу він опирається на телескопічну опору, яка дозволяє регулювати кут нахилу робочої поверхні стола [9, 13]. Під час роботи ЛК–4А його розстилальний пристрій приймає від затискного транспортера комбайна стеблову стрічку і вкладає її на льоновищі перпендикулярно напрямку руху агрегату.

Розробкою конструкцій розстилальних пристроїв льонокомбайнів займались ряд вчених. Так, Ковальов М.М., Броцман А.І., Труш М.М., Черніков В.Г. та інші запатентували нову конструкцію, яка дозволяє одночасно забезпечити плющення, повертання та розстилання стрічки стебел льону. Ця конструкція містить: стіл, який кріпиться до рами машини і опирається на телескопічну опору; два конічних плющильних вальці, більші основи яких

розміщені спереду за напрямком руху агрегату [13]. Крім плющення стебел стрічки, метою цього винаходу є забезпечити більш якісне її розстилення льонокомбайном. В першу чергу це забезпечується повертанням стебел стрічки, яке в даному випадку залежить від конструктивних та кінематичних параметрів кінцевих вальців.

Смірнов А.С. та інші запропонували вдосконалити відому конструкцію розстиляльного пристрою ЛК-4А шляхом шарнірного кріплення нижньої цапфи стола до верхнього кінця ще однієї телескопічної опори, яка шарнірно з'єднується із кронштейном картера. Це дає можливість змінювати кут нахилу робочої поверхні стола в більш широких межах і тим самим поліпшити якість розстилення стрічки стебел льону [13].

Для розстилення стебел тонким шаром одночасно в дві стрічки Ситніков Ю.А., Шрейдер М.Н., Броцман А.І. та інші запатентували причіпний льонокомбайн з двома потоками стебел і двома однаковими розстиляльними пристроями з пасивними робочими органами у вигляді похилої поверхні. Для подачі стебел на один з цих пристроїв у машині встановлено додатковий поперечний транспортер необхідної довжини, а це значно ускладнює конструкцію машини і разом з тим зростає її метало- та енергомісткість [13].

Відомим є винахід самохідного льонокомбайна Биковим М.Н., Шрейдером М.Н., Сізовим В.І. та іншими, в якому застосовуються два однакові розстиляльні пристрої з комбінованими робочими органами. Кожен з цих пристроїв містить три напівперехресних пасових транспортери і напрямні прутки. Цими транспортерами стебла стрічки одночасно переміщуються і повертаються на 90° та вкладаються у стрічку на льоновищі. Дана конструкція є надзвичайно енерго- та метало місткою [13].

Доц. Толстушко М.М., проф. Хайліс Г.А. та доц. Юхимчук С.Ф. [13] запропонували для причіпного льонозбирального комбайна підрівнювально-розстиляльний пристрій, який містить повертальний стіл та підрівнювач. Цей пристрій встановлюється на комбайн замість розстиляльного щита і виконує декілька операцій: повертання і розстилення з підрівнюванням стеблової

стрічки. Привод активної робочої поверхні пристрою здійснюється від опорно-приводного колеса. Цей пристрій розроблено з урахуванням зміни напрямку руху стебел в причіпному комбайні, а для самохідного комбайна з фронтальним розташуванням робочих органів подібний пристрій матиме менші габарити та виконуватиме одну операцію – розстилання з підрівнюванням стрічки [13].

В сучасних умовах господарювання уся льонотреста в Україні готується в господарствах на льоновищі у стрічках, що розстилаються льонокомбайном під час збирання врожаю. Стрічки льону, які розстилаються на полі, не повинні накладатись одна на одну та мають бути прямолінійними, рівномірними за товщиною, без розривів, переплутування і скручування стебел, відносна розтягнутість стебел у стрічці повинна бути не більше 1,2 раза, а перекис стебел у стрічці – до 20°. Наявні розстилальні пристрої льонокомбайнів недостатньо надійні у виконанні процесу розстилання стрічки стебел на льоновищі, розстелені ними стеблові стрічки мають високі значення відносної розтягнутості та перекоосу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви.

Щоб покращити якість льоносировини, підвищити продуктивності та якість виконання технологічних операцій під час збирання і подальшого обробітку льону, намагаються покращити такий важливий агротехнічний показник, як відносна розтягнутість стебел льону в стрічці. Розтягнутість стеблової стрічки в значній мірі пов'язана із конструктивними та експлуатаційними параметрами основних робочих органів льонозбиральних машин, а також залежить від стану стеблостою льону в період збирання та нерівностей поверхні поля. Намагання забезпечити мінімальну розтягнутість стебел у стрічці під час роботи бральних апаратів та поперечних транспортерів льонокомбайнів призводить, як показали дослідження, до ускладнення їх конструкції та зниження надійності їх роботи. Найкраще підрівняти стеблову стрічку і тим самим зменшити її відносну розтягнутість в момент розстилання останньої льонокомбайном на льоновищі.

1.4 Огляд досліджень властивостей льону та пристроїв для розстилання стеблової стрічки льону

Для обґрунтування режимів роботи і параметрів робочих органів льонозбиральних машин необхідно знати фізико-механічні властивості льону в період збирання.

Фізико-механічні властивості льону були предметом досліджень Г.А. Хайліса, М.І. Шликова, І.В. Крагельського, П.А. Сторца, М.Н. Бикова, М.М. Ковальова, В.Б. Ковальова, А.А. Ярошевича, В.Г. Чернікова, В.М. Луценка, В.І. Соснова та інших [9].

Найбільш вагомі дослідження фізико-механічних властивостей льону провів Г.А. Хайліс [9,15]. Він встановив основні закономірності для деформацій розтягу, стиску, зсуву, кручення, згину одного стебла і групи паралельних стебел льону. Детально розглянуто реологічні властивості стебел, зокрема релаксацію та повзучість. Г.А. Хайліс [25] на основі єдиної теоретичної бази узагальнив результати власних дослідів та досліджень інших авторів стосовно властивостей льону.

Значний обсяг робіт проведено Г.А. Хайлісом і його учнями [3, 4, 5, 9, 10,12,13] для вивчення властивостей стрічки стебел льону, яка формується під час роботи льонозбиральних машин. Наприклад, встановлені діаграми зміни сили опору стрічки розділенню та кручення стрічки відповідно залежно від переміщення та кута повороту однієї її частини відносно іншої, досліджено згин стеблової стрічки та її пресування.

І.В. Крагельський [9] досліджував фрикційні властивості стебел льону залежно від їх вологості та виду поверхні тертя. Дослідним шляхом були визначені коефіцієнти тертя спокою і тертя руху та зроблено висновок, що коефіцієнт тертя зростає із підвищенням вологості стебел. Подібні дослідження фрикційних властивостей з урахуванням більшої кількості факторів проводили: М.І. Шликов, Г.А. Хайліс, М.Н. Биков та М.М. Ковальов.

Стійкість стебел під час їх поздовжнього стиску І.В. Крагельський [9] досліджував залежно від стиглості та діаметра стебла. Він встановив, що найбільшу статичну стійкість стебла льону мають у ранній жовтій стиглості, а із збільшенням діаметра стебла стійкість зменшується.

М.І. Шликов [13] дослідив розмірні характеристики стебел льону, розташування насінневих коробочок на стеблах, будову стебел, отримав значення сили брання стебел з ґрунту. Ці дані він використав під час проектування льонозбирального комбайна.

М.Н. Биковим [9] досліджено окремі характеристики властивостей стебел з врахуванням їх фактичного поперечного перерізу. Він встановив залежності границі міцності, відносного видовження і зусилля розриву стебла від його діаметра, а також отримані значення цих характеристик у різних частинах стебла. Важливі дослідження проведені М.Н. Биковим для визначення умов стійкості стебел різних середніх діаметрів, вологості і довжини під час їх поздовжнього стиску.

Стійкість кореневої частини стебел досліджував В.І. Соснов [13] на екстензометрі. Він побудував графічні залежності критичної сили стиску від середнього діаметра та абсолютної поздовжньої деформації кореневої частини стебла. Дослідами встановлено, що у відрізків стебел середнім діаметром більше 1 мм і довжиною 100 мм коренева частина втрачає стійкість при зусиллі стиску від 0,05 Н до 0,25 Н, при цьому абсолютна поздовжня деформація складає 5...35 мм.

Одночасно з дослідженням властивостей льону розроблялись питання теорії і розрахунку робочих органів та робочих процесів льонозбиральних машин.

Розстиральні пристрої льонозбиральних машин досліджували: Г.А. Хайліс [9], В.І. Сізов [13], І.Т. Кузнєцов [13], М.Н. Шрейдер [13], С.М. Рудий [12], А.Ю. Горбовий [1, 3], М.М. Ковальов [13], Ю.А. Ситніков [13], Ю.Г. Міхеєва [13], С.І. Логінов [13], А.Ф. Єругін [13], С.В. Ягелюк [13], М.М. Толстушко [13] та інші.

І.Т. Кузнецов [13] теоретично дослідив рух одного стебла льону по заданій траєкторії на похилій поверхні розстиляльного пристрою з пасивним робочим органом. Висновки досліджень І.Т. Кузнецова експериментально підтвердили Ю.А. Ситніков та М.Н. Шрейдер [13], крім того, вони встановили оптимальне значення співвідношення між кінцевою і початковою швидкостями стебла на поверхні такого розстиляльного пристрою. Результати цих досліджень не дають можливість оцінити вплив багатьох важливих властивостей льону і параметрів пристрою на процес переміщення стебел.

Г.А. Хайліс та Ю.Г. Міхеєва [13] вказали основні параметри розстиляльного пристрою льонокомбайна типу ЛК-4А і проаналізували процес повертання стебел стрічки на робочій поверхні цього пристрою. Обґрунтування параметрів розстиляльного пристрою та аналіз повертання стебел вони провели без вивчення динаміки руху стебел. Необхідна умова, яка встановлена ними для забезпечення повертання стебел льону, не враховує товщину стрічки.

А.Ю. Горбовий [3] експериментально досліджував зміну товщини стеблової стрічки і відносної розтягнутості стебел у стрічці під час роботи розстиляльного пристрою з пасивним робочим органом у вигляді похилої поверхні, яким обладнаний льонокомбайн ЛКУ-4.

С.М. Рудий [12] теоретично й експериментально дослідив роботу розстиляльного пристрою з комбінованим робочим органом у вигляді пасового транспортера і напрямних прутків. Зокрема, теоретично дослідив рух одного стебла на прямолінійних і криволінійних напрямних прутках. Провів експериментальні дослідження для перевірки своїх теоретичних результатів.

М.М. Толстушко [13] дослідив роботу підрівнювально-розстиляльного пристрою причіпного льонозбирального комбайна. Теоретично й експериментально дослідив взаємодію стебел льону з нерухомою та рухомою робочими поверхнями такого пристрою та отримав відповідні математичні моделі, на підставі аналізу яких обґрунтував його параметри й режими роботи.

1.5 Постановка питання, мета та задачі дослідження

У результаті проведеного аналізу літературних джерел і патентної інформації встановлено низку питань, які потребують вивчення. Зокрема, не досліджено: рух вібраційного механізму розстилального пристрою з урахуванням маси стеблової стрічки льону; взаємодію стебел стрічки льону з активною робочою поверхнею розстилального пристрою; сукупний вплив частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання. Наведені аргументи зумовили вибір теми магістерської роботи, визначили її мету та завдання.

Метою магістерської роботи є поліпшення якості розстилання стеблової стрічки льону-довгунцю на підставі удосконалення конструкції та обґрунтування параметрів розстилального пристрою льонозбирального комбайна.

Аналіз викладеного вище дає підстави сформулювати задачі магістерської роботи:

– теоретично дослідити взаємодію вібрувального щита пристрою зі стеблами стрічки та встановити аналітичні залежності між його параметрами й режимами роботи і показниками руху стебел стрічки льону;

– обґрунтувати програму та методику експериментальних досліджень, визначити шорсткість поверхні стебла льону-довгунця і визначити сукупний вплив частоти коливань вібраційного щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання;

– розробити експериментальний зразок розстилального пристрою з обґрунтованими параметрами, провести лабораторні дослідження, з'ясувати агротехнічні показники якості стеблової стрічки.

Ці завдання виконані. Нижче викладені отримані результати.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

2.1 Відомості про технологічний процес та опис запропонованої конструкції

Технологічний процес льонозбирального комбайна відбувається таким чином. Під час руху комбайна на полі його подільники розділяють стеблостій льону на окремі смуги та підводять їх до бральних рівчаків брального апарату. Тут стебла затискаються між робочими органами брального апарату і транспортуються далі, внаслідок чого стебла вириваються з ґрунту, тобто відбувається процес їх брання. З брального апарату стебла подаються до поздовжнього транспортера у вигляді стеблової стрічки з певними параметрами. Стеблова стрічка льону формується зі стебел усіх бральних рівчаків. Повздовжній транспортер переміщує стрічку до затискного транспортера, який підводить її в зону дії очісувального апарату, що своїми гребенями очісує насінневі коробочки льону зі стебел. У результаті виконання операції очісування стеблової стрічки одержують льоноворох, який спеціальним транспортером подається в бункер комбайна або тракторний причіп. Далі очісана стеблова стрічка затискним транспортером виводиться на розстилальний пристрій, який розстилає її на льоновищі для вилежування до трести.

Для усунення розтягнутості стебел у стрічці пропонуємо обладнати льонокомбайн розстилальним пристроєм, який би забезпечував вібраційне підрівнювання стебел у стрічці.

Схему удосконаленого розстилального пристрою, який розміщується у вихідній частині льонокомбайна замість розстилального щита, зображено на рис. 2.1. Пристрій містить: зварну раму 1, опорно-приводне колесо 2, підпружинене коромисло 3, дві однакові підвіски 4, обмежувач ходу 5 та вібрувальний щит 6. На внутрішній стороні диска опорно-приводного колеса 2 жорстко кріпляться язички 7, виконані у формі пластин, які розміщені на

певному радіусі відносно центра обертання. Коромисло 3 складається з двох частин. У нижній частині за рахунок легкознімних втулок передбачена можливість зміни пальця 8, що контактує з рядом язичків 7 колеса 2. На рамі 1 і щиті 6 містяться шарнірні кріплення для підвісок 4 і верхньої частини коромисла 3, яка, крім цього, з'єднана з рамою 1 пружиною 9. Крім того, розстиляльний пристрій містить ще одне опорне колесо 10. Передня частина рами 1 пристрою шарнірно кріпиться до рами льонокомбайна.

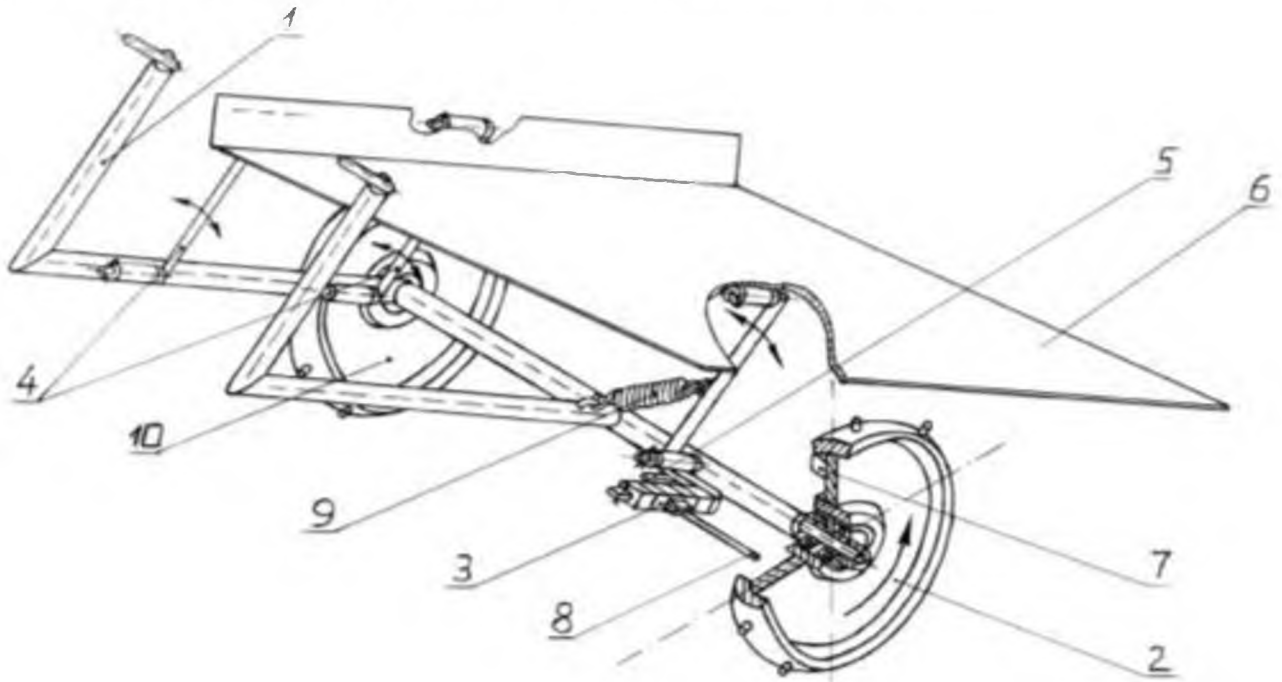


Рисунок 2.1 - Схема удосконаленого розстиляльного пристрою стеблової стрічки льону: 1 – рама; 2 – опорно-приводне колесо; 3 – коромисло; 4 – підвіски; 5 – обмежувач ходу; 6 – вібрувальний щит ; 7 – язичок; 8 – палець; 9 – пружина; 10 – опорне колесо

Розстиляльний пристрій працює таким чином. Під час роботи льонокомбайна стеблова стрічка подається із затискного транспортера (на рис. 2.1 не показаний) на вібрувальний щит 6, який нахилений у бік власного буртика і до напрямку руху машини та здійснює коливальний рух. Стебла стрічки рухаються відносно похилої поверхні щита і кореннями вдаряються в його буртик, внаслідок чого стрічка стебел підрівнюється. Далі більш компактно сформована стеблова стрічка падає на льоновище.

Коливальний рух щита 6 забезпечується таким чином. Під час руху льонокомбайна опорно-приводне колесо 2 за рахунок зчеплення з ґрунтом обертається і язичок 7, набігаючи на палець 8, відхиляє його, спричиняючи тим самим повертання коромисла 3 і переміщення у поперечному напрямку до руху машини щита 6. За рахунок рівних довжин верхньої частини коромисла 3 і підвісок 4 останні повертаються на однаковий з нею кут і забезпечують поступальний рух щита 6 відносно рами 1. При виході пальця 8 із зачеплення з язичком 7, під дією обмежувача ходу 5 та пружини 9 коромисло 3, а разом з ним підвіски 4 і щит 6, повертаються у попереднє положення, яке відповідає набіганню на палець 8 наступного язичка 7 колеса 2. Процес періодично повторюється, забезпечуючи коливання щита 6.

2.2 Визначення основних конструктивних параметрів розстиляльного пристрою

До основних параметрів пристрою відносяться: L_1, L_2 – відповідно довжина і ширина щита; h_0 – висота буртика; γ, δ – кути нахилу щита до горизонталі відповідно у поздовжньо-вертикальній та у поперечно-вертикальній площинах; A_{ω}, ν_{ω} – амплітуда і частота коливань щита.

На рис. 2.2 подано схему в просторовій системі координат $O_1x_1y_1z_1$ для обґрунтування параметрів удосконаленого розстиляльного пристрою самохідного льонозбирального комбайна. Під час роботи машини стеблова стрічка подається із затискного транспортера 1 на вібрувальний щит 2 розстиляльного пристрою. Стебла стрічки рухаються відносно похилої вібрувальної поверхні $ABCD$ щита і коренями вдаряються в його буртик $BCFE$, внаслідок чого стрічка підрівнюється. Далі більш компактно сформована стрічка падає на льоновище. На схемі комбайн рухається в напрямі осі O_1x_1 зі швидкістю v_M , а швидкість затискного транспортера дорівнює v_{TP} .

Ширина щита в зоні подачі стеблової стрічки:

Висота буртика на щиті:

$$h_{\delta} \geq h_{ct.max} \approx d_{сер. max}^2 \cdot i_{ct.max} / 10^6, \quad (2.2)$$

де $h_{ct.max}$ – максимально можлива товщина стеблової стрічки під час роботи самохідного льонозбирального комбайна;

$d_{сер. max}$ – максимальне середнє значення діаметра стебла у стрічці;

$i_{ct.max} = n_{1max} \cdot b \cdot i_{0max}$ – максимальна кількість стебел на 1 м довжини стрічки;

n_{1max} – максимальна кількість працюючих бральних секцій самохідного льонозбирального комбайна;

b – ширина захвату однієї секції комбайна;

i_{0max} – максимальна кількість стебел на 1 м² поля.

Кути нахилу γ і δ робочої поверхні вібрувального щита до горизонталі відповідно у поздовжньо-вертикальній $x_1O_1z_1$ та у поперечно-вертикальній $y_1O_1z_1$ площинах:

$$\gamma \approx \arctg f; \quad \delta = \arctg(\tg \delta_0 / \cos \gamma), \quad (2.3)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання стеблової стрічки льону на робочій поверхні щита;

δ_0 – кут нахилу поверхні $ABCD$ щита до горизонталі у площині власної траєкторії коливань.

За формулами (2.1), (2.2) і (2.3), з урахуванням того, що $l_{min} = 0,70$ м, $l_{max} = 1,3$ м, $d_{сер. max} = 2,4$ мм, $n_{1max} = 4$, $b = 0,38$ м, $i_{0max} = 2500$ штук/м, $f = 0,4 \dots 0,6$, $\delta_0 = 5^\circ$, отримаємо: $L_1 = 1,2$ м; $h_{\delta} = 0,1$ м; $\gamma = 20^\circ \dots 30^\circ$; $\delta = 5^\circ \dots 6^\circ$.

2.3 Аналіз руху стеблової стрічки льону на вібрувальному щиті розстиляльного пристрою

Для обґрунтування параметрів розстиляльного пристрою необхідно проаналізувати рух стебел стрічки льону на фрикційному, плоскому, похилому щиті, який здійснює поступальні, криволінійні, негармонічні коливання.

Для розроблення математичної моделі руху стебел стрічки на шиту приймаємо такі допущення: 1) льонокомбайн, який обладнаний розробленим пристроєм, під час роботи здійснює поступальний, прямолінійний і рівномірний рух; 2) опором середовища нехтуємо; 3) стрічку стебел льону будемо розглядати як дискретне середовище, що складається з окремих шарів стебел, кожен з яких представляє собою групу паралельно вкладених один на одному однакових стебел масою m і довжиною l ; 4) нехтуємо контактом між сусідніми шарами стебел у стрічці; 5) вважаємо, що шар стебел не перекидається під час руху і відносно зміщення стебел у шарі відсутнє, причому розтягнутість стеблової стрічки складається із розтягнутості стебел у стрічці, які розташовані в різних шарах; 6) аналізуємо рух нижнього стебла шару, яке безпосередньо взаємодіє з вібрувальним щитом, причому до цього стебла прикладаємо силу ваги вищерозташованих стебел у даному шарі; 7) стебла льону будемо розглядати як тверді тіла у формі тонких стрижнів з нерівномірно розподіленою щільністю по довжині; 8) стебла рухаються поступально, тобто достатньо дослідити рух однієї точки (центра мас) стебла.

Кількість стебел $k_{cm} + 1$ у шарі приблизно дорівнює:

$$k_{cm} + 1 \approx n_1 \cdot b \cdot i_0 \cdot d_{cep} = i_{cm} \cdot d_{cep}, \quad (2.4)$$

де k_{cm} – кількість стебел, що розташовані над нижнім стеблом шару;

n_1 – кількість працюючих бральних секцій льонокомбайна;

b – ширина захвату однієї бральної секції льонокомбайна;

i_0 – кількість стебел на 1 м² поля;

d_{cep} – середнє значення діаметра стебла у стрічці;

$i_{cm} = n_1 \cdot b \cdot i_0$ – кількість стебел на 1 м довжини стрічки льону.

Маса $m_{ш}$ усього шару стебел стрічки дорівнює:

$$m_{ш} = m \cdot (k_{cm} + 1) = m_{cep} \cdot i_{cm} \cdot d_{cep}, \quad (2.5)$$

де $m = m_{cep}$ – маса стебла в шарі, яка дорівнює середньому значенню маси стебла у стрічці.

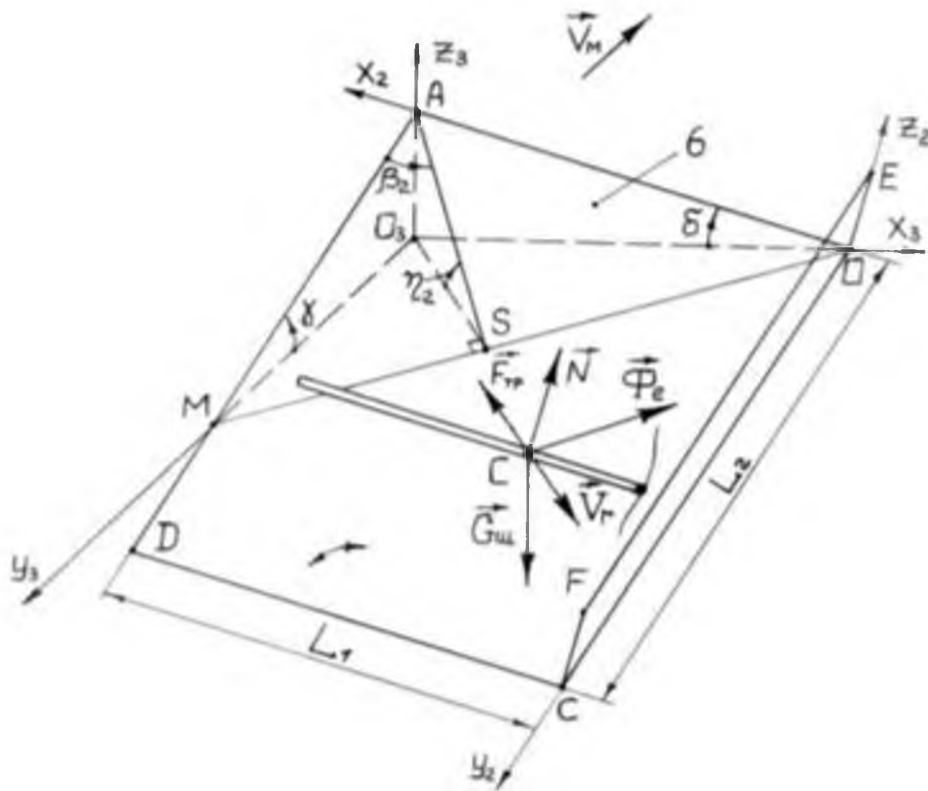
На рис. 2.3, *a* і *б* зображені розрахункові схеми для визначення параметрів руху стебла шару на похилому, вібрувальному щиті. Причому усі силові фактори, що діють на стебло, представлені на рис. 2.3, *a*, а на рис. 2.3, *б* дано схему механізму для визначення складових ейлерової сили інерції. Тут просторова система координат $O_3x_3y_3z_3$ жорстко пов'язана з рамою льонокомбайна. Тобто, згідно з прийнятими допущеннями, система координат $O_3x_3y_3z_3$ є інерціальною. Льонокомбайн рухається у протилежному напрямку до осі O_3y_3 з швидкістю v_M .

Вібрувальний щит $OCDA$ розстиляльного пристрою довжиною L_2 та шириною L_1 , як показано на рис. 2.3, *a*, нахилений до горизонталі: у поздовжньо-вертикальній площині $y_3O_3z_3$ – під кутом $\gamma = \beta$ ($\angle\gamma = \angle O_3MA$), а у поперечно-вертикальній площині $x_3O_3z_3$ – під кутом δ ($\angle\delta = \angle O_3OA$). З поверхнею $OCDA$ пов'язана система координат $Ox_2y_2z_2$, вісь Oy_2 якої напрямлена вздовж буртика OC висотою h_0 , а вісь Oz_2 перпендикулярна до цієї поверхні.

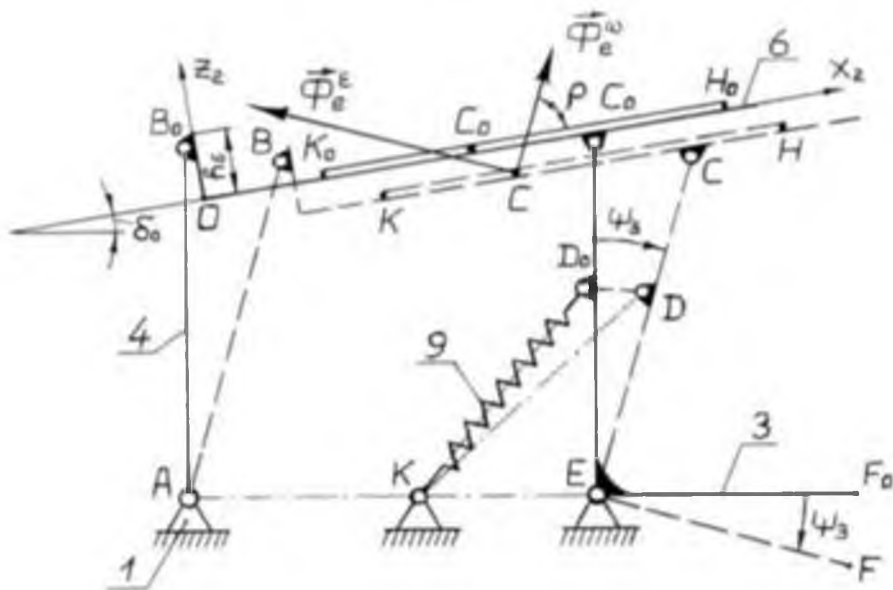
Площина x_2Oy_2 щита *б* (рис. 2.3, *a*) нахилена до горизонтальної площини $x_3O_3y_3$ під кутом η_2 ($\angle\eta_2 = \angle O_3SA$) і перетинає останню по лінії OSM ($AS \perp OM$ та $O_3S \perp OM$). У площині x_2Oy_2 міститься кут β_2 ($\angle\beta_2 = \angle MAS$).

Траєкторією руху щита є дуга кола, що лежить у площині перпендикулярній до осі Oy_2 і нахилений до площини $x_3O_3z_3$ під кутом γ . Поверхня $OCDA$ нахилена до горизонталі, у площині власної траєкторії коливань, під кутом δ_0 (рис. 2.3, *б*).

У проміжку часу безвідривного руху стебла відносно вібрувального щита для розв'язання даної задачі використаємо диференційні рівняння відносного руху матеріальної точки (центра мас стебла) у проєкціях на осі декартової системи координат $Ox_2y_2z_2$:



а



б

Рисунок 2.3 - Схеми для аналізу руху стебла шару стрічки на вібрувальному щиті (а) та схема вібраційного механізму для визначення складових сили інерції (б): 1 – рама; 3 – коромисло; 4 – підвіски; 6 – щит; 9 – пружина

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x}_{2C} &= F_{x_2} + R_{x_2} + \Phi_{ex_2} + \Phi_{cx_2}; \\ m\ddot{y}_{2C} &= F_{y_2} + R_{y_2} + \Phi_{ey_2} + \Phi_{cy_2}; \\ m\ddot{z}_{2C} &= F_{z_2} + R_{z_2} + \Phi_{ez_2} + \Phi_{cz_2}, \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

де $m = m_{cep}$ – маса стебла в шарі, яка дорівнює середньому значенню маси стебла у стрічці;

$\ddot{x}_{2C}, \ddot{y}_{2C}, \ddot{z}_{2C}$ – проекції вектора відносного прискорення центра мас стебла відповідно на осі Ox_2, Oy_2 та Oz_2 ;

$F_{x_2}, F_{y_2}, F_{z_2}$ – проекції діючих на стебло активних сил;

$R_{x_2}, R_{y_2}, R_{z_2}$ – проекції реакцій в'язей, які накладені на стебло;

$\Phi_{ex_2}, \Phi_{ey_2}, \Phi_{ez_2}$ – проекції переносної сили інерції;

$\Phi_{cx_2}, \Phi_{cy_2}, \Phi_{cz_2}$ – проекції коріолісової сили інерції.

З активних сил на стебло діють сили ваги $G_u = m_u \cdot g$, а з реактивних: нормальна реакція опорної поверхні N і сила тертя ковзання $F_{TP} = f \cdot N$, де f – коефіцієнт тертя ковзання стебла на поверхні щита. Переносну силу інерції Φ_e представимо у вигляді двох складових Φ_e^o та Φ_e^ε (рис. 2.4, б):

$$\Phi_e^o = m \cdot l_{AB} \cdot (\dot{\psi}_3(t))^2; \quad \Phi_e^\varepsilon = m \cdot l_{AB} \cdot \ddot{\psi}_3(t), \quad (2.7)$$

де l_{AB} – довжина підвісок 4;

$\dot{\psi}_3(t), \ddot{\psi}_3(t)$ – кутові, відповідно, швидкість і прискорення коромисла.

Коріолісова сила інерції $\Phi_c = 0$, оскільки робочий орган здійснює поступальний рух. Згідно із схемами на рис. 2.4 та системою (2.6), отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x}_{2C} &= -G_u \cdot \sin \eta_2 \cdot \sin \beta_2 - F_{TP} \cdot \frac{\dot{x}_{2C}}{\sqrt{(\dot{x}_{2C})^2 + (\dot{y}_{2C})^2}} - \Phi_e^\varepsilon \cdot \sin \rho + \Phi_e^o \cdot \cos \rho; \\ m\ddot{y}_{2C} &= G_u \cdot \sin \eta_2 \cdot \cos \beta_2 - F_{TP} \cdot \frac{\dot{y}_{2C}}{\sqrt{(\dot{x}_{2C})^2 + (\dot{y}_{2C})^2}}; \\ m\ddot{z}_{2C} &= N + \Phi_e^o \cdot \sin \rho + \Phi_e^\varepsilon \cdot \cos \rho - G_u \cdot \cos \eta_2, \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

де $\rho = 90^\circ - \delta_0 - \psi_3(t)$ – кут між додатним напрямом осі Ox_2 та вектором сили $\vec{\Phi}_e^\omega$ (рис. 2.3, б).

Залежності $\eta_2 = \eta_2(\gamma, \delta)$ та $\beta_2 = \beta_2(\gamma, \delta)$ представимо у такому вигляді:

$$\sin \eta_2 = \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \gamma + \operatorname{tg}^2 \delta}{1 + \operatorname{tg}^2 \delta + \operatorname{tg}^2 \gamma}}; \quad \sin \beta_2 = \frac{\sin \delta \cdot \cos \gamma}{\sqrt{\sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma}},$$

тут $\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_1 / \cos \gamma$.

Після підстановки у систему (2.8) усіх величин, отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_{2C} &= -i_{cm} \cdot d_{cep} \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \sin \delta_0 - f \cdot \frac{N}{m} \cdot \frac{\dot{x}_{2C}}{\sqrt{(\dot{x}_{2C})^2 + (\dot{y}_{2C})^2}} + \\ &+ l_{AB} \cdot \left((\dot{\psi}_3(t))^2 \cdot \sin(\delta_0 + \psi_3(t)) - \ddot{\psi}_3(t) \cdot \cos(\delta_0 + \psi_3(t)) \right); \\ \ddot{y}_{2C} &= i_{cm} \cdot d_{cep} \cdot g \cdot \sin \gamma - f \cdot \frac{N}{m} \cdot \frac{\dot{y}_{2C}}{\sqrt{(\dot{x}_{2C})^2 + (\dot{y}_{2C})^2}}; \\ \ddot{z}_{2C} &= -i_{cm} \cdot d_{cep} \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \cos \delta_0 + \frac{N}{m} + \\ &+ l_{AB} \cdot \left((\dot{\psi}_3(t))^2 \cdot \cos(\delta_0 + \psi_3(t)) + \ddot{\psi}_3(t) \cdot \sin(\delta_0 + \psi_3(t)) \right). \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

З третього рівняння системи (2.9) встановлюється умова безвідриного руху стебла відносно вібрувального щита ($z_{2C} = 0$):

$$\begin{aligned} &\frac{l_{AB}}{i_{cm} \cdot d_{cep} \cdot g \cdot \cos \gamma \cdot \cos \delta_0} \cdot \left(\ddot{\psi}_3(t) \cdot \sin(\delta_0 + \psi_3(t)) + \right. \\ &\quad \left. + (\dot{\psi}_3(t))^2 \cdot \cos(\delta_0 + \psi_3(t)) \right) \leq 1. \end{aligned} \quad (2.10)$$

На поверхні $OCDA$ вібрувального щита 6 стебла стрічки поступово наближаються до буртика $OCFE$ і своїми коренями взаємодіють з ним. Стебла стрічки, які безпосередньо взаємодіють з буртиком, за кожний період коливань механізму майже не зміщуються від буртика і рухаються тільки вниз уздовж осі Oy_2 . Внаслідок цього корені стебел у стрічці підрівнюються і на виході з розстиляльного пристрою компактно сформована стрічка падає на землю.

Для обґрунтування довжини L_2 вібрувального щита розглянемо умову (2.10) і перші два рівняння системи (2.9), для інтегрування яких використаємо чисельний метод Рунге-Кутта-Фельберга 4-5 порядку. На основі наведених вище результатів аналізу руху вібраційного механізму, а також рівнянь системи (2.9) і умови (2.10) розроблена програма на ПЕОМ в середовищі універсальної системи комп'ютерної математики Maple V Release 11.0 і проаналізовано вплив низки параметрів $(\mathbf{v}_M, d_{cep}, i_{cm}, m_{cep})$ на траєкторію руху кінця кореня стебла шару. У процесі аналізу приймали: $R = 0,12$ м; $\alpha = 72^\circ$; $\chi = 0,01$ м; $\gamma = 25^\circ$; $R_K = 0,20$ м; $l_{EF} = 0,36$ м; $l_{EC} = 0,25$ м; $l_{ED} = 0,15$ м; $\zeta = 30^\circ$; $k \approx 0,56$; $\psi_{3max} = 15^\circ$; $G_3^H \approx 4,5$ Н; $G_3^B \approx 2,0$ Н; $G_6 = m_6 \cdot g = 9,5 \cdot 9,81 \approx 93,2$ Н; $G_4 \approx 2,0$ Н; $a_1 = 0,16$ м; $J_E \approx 0,014$ кг·м²; $J_A \approx 0,004$ кг·м²; $c_{PP} = 1450$ Н/м. $\dot{x}_{2K0} = \dot{x}_{2C0} \approx 0$ м/с; $\dot{y}_{2K0} = \dot{y}_{2C0} \approx 1$ м/с; $l_C = 0,4$ м; $x_{2K0} = \Delta l = x_{2C0} - l_C = 0,2$ м, де Δl – початкова абсолютна розтягнутість стебел у стрічці; $y_{2K0} = y_{2C0} = 0$ м; $b = 0,38$ м; $f = 0,46$; $\gamma = \arctg f \approx 25^\circ$; $\delta = 5^\circ$. При цьому d_{cep} , i_{cm} , m_{cep} , \mathbf{v}_M змінювались у межах: $d_{cep} = 0,001 \dots 0,0024$ м; $i_n = 800 \dots 3800$ штук/м; $m_{cep} = 0,0010 \dots 0,0020$ кг; $\mathbf{v}_M = 1,95 \dots 2,80$ м/с.

На рис. 2.4, а і б побудовані графіки зміни відповідних координат $y_{2K} = y_{2K}(t)$ і $x_{2K} = x_{2K}(t)$ кінця кореня стебла шару стрічки під час руху для чотирьох значень \mathbf{v}_M та при $d_{cep} = 0,0024$ м, $i_{cm} = 3800$ штук/м, $m_{cep} = 0,0020$ кг, для яких виконується умова (2.10).

На основі отриманих результатів аналізу приймаємо: $L_2 = 0,9 \dots 1,0$ м. Зауважимо, що за відривного руху стебел відносно вібрувального щита останні швидше наближаються до буртика (тобто швидше підрівнюються) при менших поздовжніх габаритах щита.

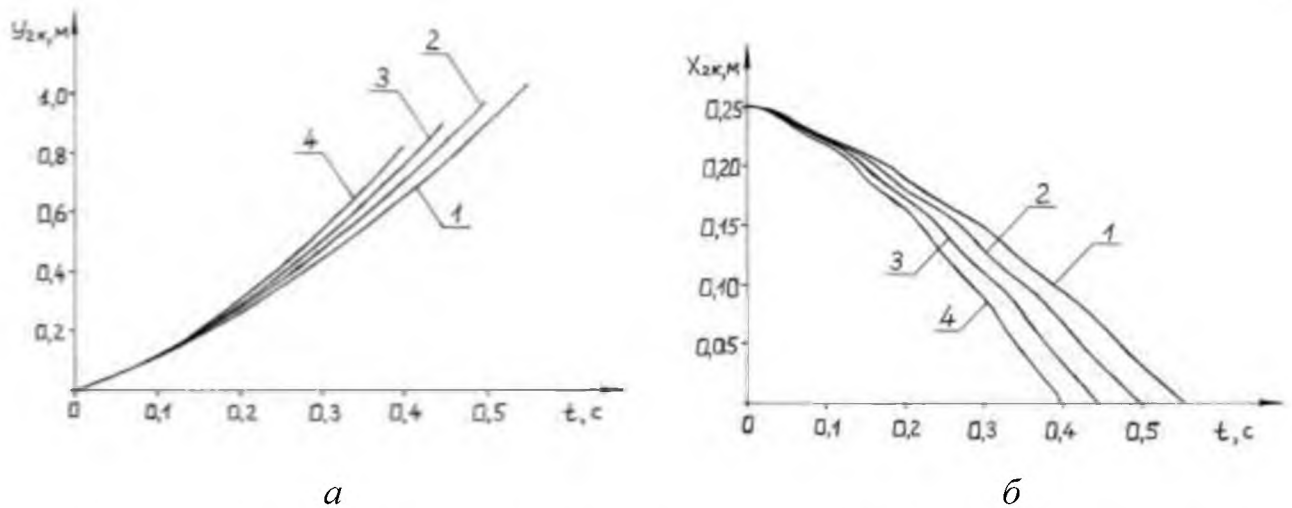


Рисунок 2.4 - Графіки зміни координат y_{2K} (а) і x_{2K} (б) кінця кореня стебла з часом t : 1 – $v_M = 1,95$ м/с; 2 – $v_M = 2,25$ м/с; 3 – $v_M = 2,50$ м/с; 4 – $v_M = 2,80$ м/с

2.4 Висновки

Теоретичний аналіз взаємодії щита із стеблами стрічки уможливив побудову математичної моделі (2.9) руху стебла шару стрічки на похилій вібрувальній поверхні щита. На підставі чисельного її розв'язку за різних значень параметрів пристрою та стрічки стебел обґрунтовано, що довжина щита має бути – $L_2 = 0,9 \dots 1,0$ м, а кути нахилу його поверхні до горизонталі у двох площинах повинні становити: у поздовжньо-вертикальній – $\gamma = 20^\circ \dots 30^\circ$, у поперечно-вертикальній – $\delta = 5^\circ \dots 6^\circ$. Ширина щита з урахуванням відносної розтягнутості стебел у стрічці та середньої загальної довжини стебла льону – $L_1 = 1,2$ м. Висота буртика вібрувального щита – $h_\delta = 0,1$ м.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

В даний час при вирощуванні, збиранні та переробці льону-довгунця його стебла контактують в основному з трьома видами матеріалів: сталлю, гумою і між собою. Ці матеріали суттєво різняться за величиною модуля пружності, що призводить до різного характеру контактної деформації стебел. На контактах виникають сили тертя, які, з одного боку, забезпечують захоплення і утримання стебел при бранні, транспортуванні, розстиланні, а з іншого боку, ці сили впливають на траєкторію руху елементів стебел, викликають додаткові енерговитрати, знос робочих органів машин, пошкодження стебел, що впливає на вихід довгого волокна. Тому для проектування льонзбиральних машин, а саме при силових розрахунках, при виборі матеріалу і форми робочих органів, необхідно знати фізико-механічні та технологічні властивості поверхневих шарів матеріалів, і процеси, що відбуваються при контакті. Якщо для більшості матеріалів ці властивості досить вивчені, то для стебел льону-довгунця це питання є малодослідженим.

Взаємодія твердих тіл при фізичних і механічних процесах, що розвиваються в зоні тертя, можна правильно оцінити тільки з урахуванням мікрогеометрії їх поверхонь.

Найбільш повна мікрогеометрична характеристика та її параметри визначаються в результаті обробки профілограм, що представляють собою збільшений профіль поверхні.

Розглянувши конструкції та провівши аналіз різних типів розстилальних пристроїв льонозбиральних машин, а також результатів їх досліджень, виникла необхідність звернути більшу увагу на розстилальні пристрої з активними робочими органами та вивчення роботи цих вузлів.

Експериментальні дослідження розстилальних робочих органів повинні встановити вплив таких факторів, як частота коливань вібрувального щита, кількість стебел на погонному метрі стеблової стрічки на показники якості

роботи машини – відносну чи абсолютну розтягнутість стеблової стрічки льону.

Актуальність проведення експериментальних досліджень визначається тим, що в літературних джерелах відсутні дані щодо вивчення впливу основних параметрів коливальних робочих органів розстилальних пристроїв на виконання робочого процесу, а також дані, які характеризують їх ефективність.

Підсумовуючи вищесказане та в зв'язку з основними завданнями, викладеними в першому розділі, та на основі теоретичного аналізу роботи розстилального пристрою самохідного льонокомбайна розроблена програма і методика експериментальних досліджень.

Загальною програмою експериментальних досліджень передбачається:

- визначення мікрогеометрії поверхні в прикореневій, середній і верхній частинах стебла льону-довгунця;

- визначення сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну розтягнутість цієї стрічки після розстилання.

3.2 Опис експериментальної установки та апаратури, що використовуються при експериментальних дослідженнях

Лабораторні дослідження шорсткості поверхні стебла льону проводилися на стандартному приладі «Профілограф-профілометр» заводу «Калібр» мод. 252 (рис. 3.1), принцип роботи якого заснований на щуповому методі визначення шорсткості поверхні. По по-поверхні переміщається голка з малим радіусом заокруглення 2-10 мкм. Коливання голки в вертикальному напрямку повторюють нерівності профілю. Ці коливання голки перетворюються в електричні сигнали, посилюються і записуються у вигляді профілограми або надходять в інтегруючий пристрій, який безпосередньо видає значення Ra і інші характеристики профіля.

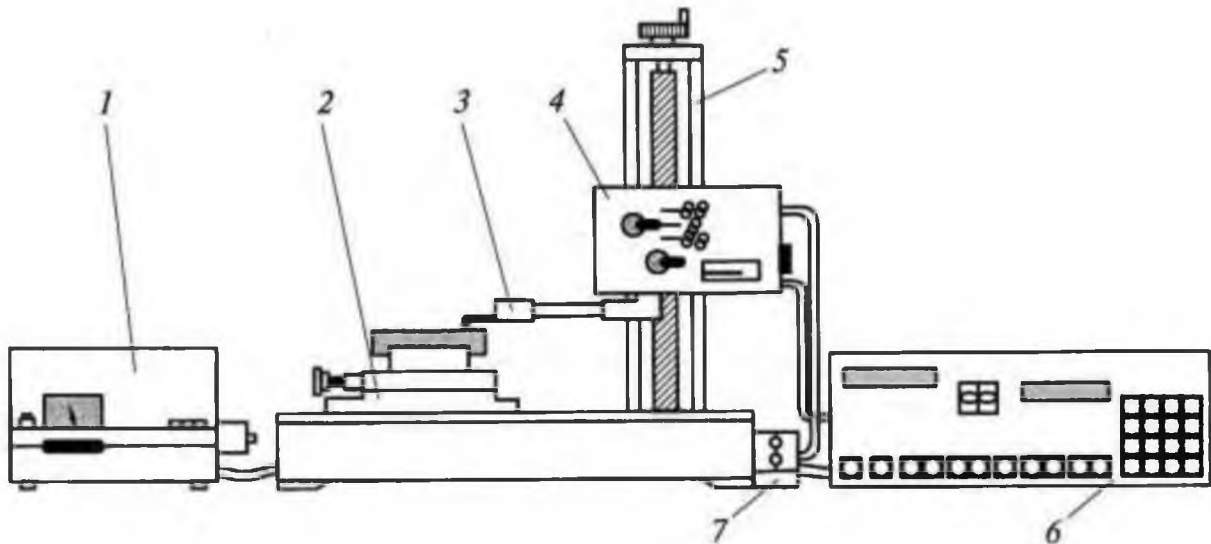


Рисунок 3.1 - Профілометр-профілограф мод. 252 заводу «Калібр»: 1 - записуючий прилад; 2 - предметний столик; 3 - датчик; 4 - мотопривод; 5 - стійка; 6 - електронний блок; 7 - блок-приставка

Лабораторна установка (рис. 3.2) для дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі довжини стеблової стрічки льону на відносну розтягнутість стеблової стрічки після розстилення була встановлена на базі тягового візка закритого ґрунтового каналу та експериментального зразка удосконаленого, причіпного розстиляльного пристрою з активною робочою поверхнею.

Експериментальний зразок розстиляльного пристрою (рис. 3.2, переріз А-А) містить: зварну раму, опорно-приводне колесо, підпружинене коромисло, дві однакові підвіски, обмежувач ходу та робочий орган – вібрувальний щит, який має буртик. На внутрішній стороні диска опорно-приводного колеса жорстко кріпляться язички, виконані у формі пластин, які розміщені на певному радіусі відносно центра обертання. Коромисло складається з двох частин. У нижній частині за рахунок легкознімних втулок передбачена можливість зміни пальця, що контактує з рядом язичків колеса. На рамі і щиті містяться шарнірні кріплення для підвісок і верхньої частини коромисла, яка, крім цього, з'єднана з рамою пружиною розтягу.

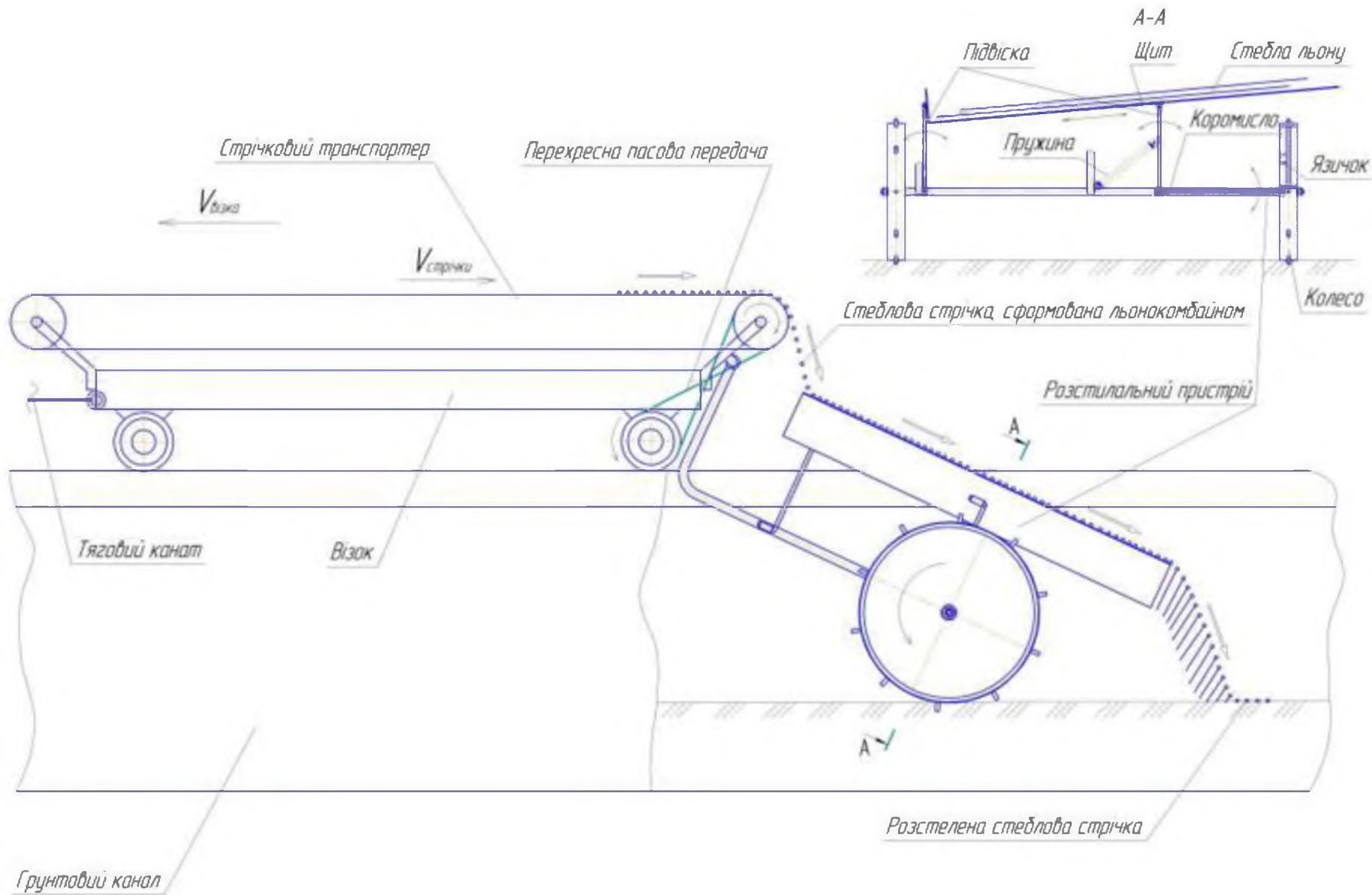


Рисунок 3.1 - Схема експериментальної установки

Крім того, експериментальний зразок пристрою містить ще одне опорне колесо. Передня частина рами пристрою шарнірно кріпиться до тягового візка, який має можливість рухатись на рейках ґрунтового каналу за допомогою закріпленого до візка канату, що намотується на лебідку з деякою швидкістю $v_{\text{візка}}$. На тяговому візку змонтовано стрічковий транспортер, який приводиться в рух від перехресної пасової передачі. Причому один із шківів цієї передачі закріплено до коліс візка, а інший – до шківа стрічкового транспортера. Швидкість полотна стрічкового транспортера рівна швидкості візка. Опорно-приводне колесо розстилального пристрою спиралось на втрамбований до певної твердості ґрунт каналу.

На стрічковому транспортері розміщена попередньо підготовлена стеблова стрічка льону з необхідними початковими параметрами (початковою відносною розтягнутістю, перекосом стебел, товщиною стрічки тощо). Для дослідів брали стрічку з вологістю, яка характерна стеблам у період збирання.

Експериментальний зразок розстилального пристрою працює таким чином. Під час руху візка стеблова стрічка подається із стрічкового транспортера на вібрувальний щит розстилального пристрою, який нахилений у бік власного буртика і до напрямку руху та здійснює коливальний рух. Стебла стрічки рухаються відносно похилої поверхні щита і коренями вдаряються в його буртик, внаслідок чого стрічка стебел підрівнюється. Далі більш компактно сформована стеблова стрічка падає на землю.

Коливальний рух щита забезпечується таким чином. Під час руху візка опорно-приводне колесо пристрою за рахунок зчеплення з ґрунтом обертається і язичок, набігаючи на палець, відхиляє його, спричиняючи тим самим повертання коромисла і переміщення у поперечному напрямку до руху щита. За рахунок рівних довжин верхньої частини коромисла і підвісок останні повертаються на однаковий з нею кут і забезпечують поступальний рух щита відносно рами. При виході пальця із зачеплення з язичком, під дією обмежувача ходу та пружини коромисла, а разом з ним підвіски і щит, повертаються у попереднє положення, яке відповідає набіганню на палець наступного язичка колеса. Процес періодично повторюється, забезпечуючи коливання щита експериментального зразка розстилального пристрою.

Швидкість руху тягового візка узгоджувалась із частотою коливань вібрувального щита завдяки розробленій (підрозділ 2.3) математичній моделі руху вібраційного механізму розстиляльного пристрою. Тобто, виведено залежність частоти коливань вібрувального щита від швидкості руху машини (візка). Для встановлення цієї залежності розроблена програма на ПЕОМ засобами програмування універсальної системи комп'ютерної математики Maple V Release 11.0. Із збільшенням швидкості руху візка майже лінійно зростає частота коливань щита.

Для визначення характеристик стеблової стрічки льону використовували: для вимірювання довжини стебел – метрову лінійку з ціною поділок 1 мм; для вимірювання діаметра стебел – штангенциркуль з точністю вимірювання 0,1 мм; вологість стебел визначали за стандартною методикою [14, 15] використовуючи піч IP 20 та аналітичні ваги ВЛТ-1кг-1.

Товщина стеблової стрічки h характеризується діаметром d_{cep} стебел льону та густиною стеблостою i_0 (підрозділ 2.4), або в перерахунку на кількість стебел на погонному метрі стрічки i_{cm} . При розміщенні стебел одне над одним товщина стрічки рівна $h = d_{cep}^2 \cdot i_{cm}$. Довжина l стебла також є функцією від діаметра стебла та густоти стеблостою (чим густіший льон, тим тонші стебла для однакової висоти стеблостою), тобто $l = l(d_{cep}, i_n)$.

Стеблові стрічки для дослідів бралися на льоновищі таким способом. Відмірялась частина стрічки довжиною 1,0 м. Зверху накладали поліетиленову смужку і скручували стрічку в рулон. Це зберігає структуру і товщину стрічок та забезпечує зручність розмотування стрічок.

3.3 Методика статистичної обробки даних

При проведенні дослідів ми маємо справу з параметрами, які потрібно визначати за допомогою знаходження середнього статистичного (або арифметичного) та середнього квадратичного відхилень з числа повторень n .

Середнє арифметичне значення x_{cp} та середнє квадратичне відхилення S_C визначалися за такими формулами:

$$x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (3.1)$$

$$S_C = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

де n – число вимірювань;

x_i – результат окремого вимірювання;

i – номер вимірювання.

Як відомо, неможливо провести абсолютно точно будь-яке вимірювання. Так, при вимірюванні будь-яким приладом певної величини похибку приймають рівною ціні поділки вимірювального приладу. Крім цього ми визначали абсолютні Δ та відносні δ похибки за такими формулами:

$$\Delta = a - x, \quad (3.3)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{a}, \quad (3.4)$$

де a – дійсне значення вимірюваної величини;

x – одержане значення вимірюваної величини.

Також, для зручності, відносну похибку виражали у відсотках, тоді:

$$\delta = \frac{\Delta}{a} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

Відносною похибкою зручніше характеризувати результати вимірювань, оскільки вона дає більш безпосередню уяву про дійсну точність, ніж абсолютна похибка, яку необхідно порівняти з вимірюваною величиною.

Бралось до уваги і те, що поняття похибки напряму пов'язане з поняттям точності: чим вища похибка, тим нижча точність і, навпаки, чим вища точність, тим нижча похибка.

Застосовували ми також коефіцієнт варіації для характеристики розсіювання (мінливості) статичного розподілу. Цей коефіцієнт визначали за формулою:

$$V = \frac{S_c}{x_{cp}} \cdot 100\%. \quad (3.6)$$

Усі розрахунки проводились із застосуванням ПЕОМ, що забезпечувало їх високу точність. Для визначення деяких значень величин також використовувались спеціалізовані комп'ютерні програми, результатами яких були розрахунки проведені з високою точністю.

Дисперсія S_u^2 , що характеризує розсіювання результатів в u – му досліді визначається за формулою:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i=1}^{m_0} (y_{u_i} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.7)$$

де m_0 – число повторюваностей;

i – номер повторюваності;

y_{u_i} – вихідний параметр при i – й повторюваності;

\bar{y}_u – середнє арифметичне значення вихідного параметра в u – му досліді.

Дисперсія відтворюваності (помилка досліді) визначається за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (3.8)$$

Перевірку адекватності встановленого рівняння регресії проводили спочатку на лінійній його частині за допомогою критерію Фішера F . Адекватність матиме місце, коли виконується нерівність:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (3.9)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличне значення критерію Фішера для 5% рівня значущості [14];

$f_{ad} = n - k - 1$ – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

$f_y = n(m_0 - 1)$ – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності.

Дисперсія адекватності S_{ad}^2 обчислюється за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2, \quad (3.10)$$

де y – розрахункове значення відгуку в u -му досліді за лінійною частиною прийнятого рівняння регресії.

Час проходження експериментальною установкою залікової ділянки ґрунтового каналу фіксуємо секундоміром, а швидкість руху розраховуємо за формулою:

$$V_M = \frac{\Delta l}{t_{np}}, \quad (3.11)$$

де Δl – пройдений шлях (довжина ділянки), м;

t_{np} – час проходження ділянки, с.

3.4 Методика дослідження шорсткості поверхні стебла льону-довгунця

Мета досліджень - визначення мікрогеометрії поверхні в прикореневій, середній і верхній частинах стебла льону-довгунця і подальший розрахунок її параметрів.

Для проведення досліджень рослини льону-довгунця в період збирання витягували з ґрунту вручну на дослідному полі, після чого доставляли в лабораторію, де визначали довжину кожного стебла і діаметр d_c . Підготовка дослідних зразків здійснювалася наступним чином. Стебло льону ділили на три частини - прикореневу, середню і верхівкову. Кожну з частин стебла поділяли на дві половини вздовж його осі, потім одну з половин розвертали і наклеювали на тверду основу (сталеву пластину). Середньоарифметичне відхилення профілю Ra відраховується безпосередньо за шкалою профілографа-профілометра.

Обробку отриманих профілограм проводили за відомими методиками [14, 15]. Положення середньої лінії знаходили методом середніх [14]. Потім визначали наступні характеристики (параметри) мікрогеометрії: відстань від лінії виступів до лінії западин R_{\max} , відстань від лінії виступів до середньої лінії R_p , відносну опорну довжину по середньої лінії t_c , радіуси кривизни вершин виступів r_b , середній крок нерівностей t_n , а також комплексну характеристику $\Delta = R_{\max} / r_b b^{1/\nu}$, що враховує гостроту виступів і їх розподіл по висоті. Після цього за методикою [14] будували опорну криву, яка характеризує розподіл матеріалу по висоті шорсткого шару і визначали її параметри ν і b . Крива опорної поверхні будується в відносних координатах, по осі абсцис відкладається η_s - відносна опорна довжина профілю на данному рівні, а по осі ординат ξ - відносне зближення на данному рівні.

3.5 Методика дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання

Мета дослідів – встановити сукупний вплив частоти коливань вібрувального щита розстиляльного пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання.

Досліди проводили на лабораторній установці, яка описана в підрозділі 3.2 (рис. 3.2).

Перед початком дослідів тяговий візок з експериментальним зразком розстиляльного пристрою відводився до початку ґрунтового каналу. На стрічковий транспортер вкладалась стеблова стрічка з певною кількістю стебел на погонному метрі, відносна розтягнутість якої рівна 1,20...1,23 рази. Частоту коливань щита пристрою регулювали зміною швидкості руху тягового візка (користуючись залежністю (2.9)). Обертаючи барабан лебідки з певною частотою, переміщали тяговий візок із швидкістю, рівною швидкості руху

льонокомбайна. При цьому стеблова стрічка льону із стрічкового транспортера падала на вібрувальний щит, де підрівнювалась та розстелялась на поверхні ґрунтового каналу. Вкінці ґрунтового каналу візок зупиняли і за допомогою лінійки із ціною поділки 1 мм визначали розтягнутість розстеленої стрічки льону, вибираючи ділянку довжиною 30 см посередині стрічки. Результат записували у зошит.

Частота коливань щита та кількість стебел на погонному метрі стеблової стрічки змінювались на трьох рівнях. Досліди проводили за план-матрицею двофакторного експерименту за трирівневим планом [14] у триразовій повторюваності. Використовуємо метод Бокса-Уілсона.

Межі варіювання досліджуваних факторів на трьох рівнях визначали на основі аналізу літературних даних та попередніх теоретичних досліджень (підрозділ 2.4). Так, частота коливань щита $\nu_{щ}$ приймала значення 7; 9 і 11 Гц, а кількість стебел на погонному метрі стеблової стрічки i_n – 800; 2300 і 3800 штук/м.

Методика обробки дослідних даних та знаходження коефіцієнтів рівняння регресії описана в [14], а самі розрахунки здійснювались на ПЕОМ.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Визначення шорсткості поверхні стебла льону-довгунця

Для дослідів бралися стебла льону із посіву льону-довгунця сорту Міандр, вирощеному на дослідному полігоні кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса ЛНТУ. За стандартними методиками були визначені характеристики посіву: густота стеблестою – 1256 шт/м²; загальна висота стебел – 67,4 см; середній діаметр стебла (на 1/3 висоти) 1,39 мм; зона розміщення насінневих коробочок – 19,2 см; фаза стиглості – жовта; вологість стебел – 50,7%, коробочок – 43,0 %; забур'яненість – 4,9 %; полеглість – відсутня.

В результаті проведених досліджень отримані профілограми поверхонь прикореневої, середньої і верхівкової частин стебла льону-довгунця, виконані на профілографі-профілометрі заводу «Калібр» моделі 252 (рис. 4.1).

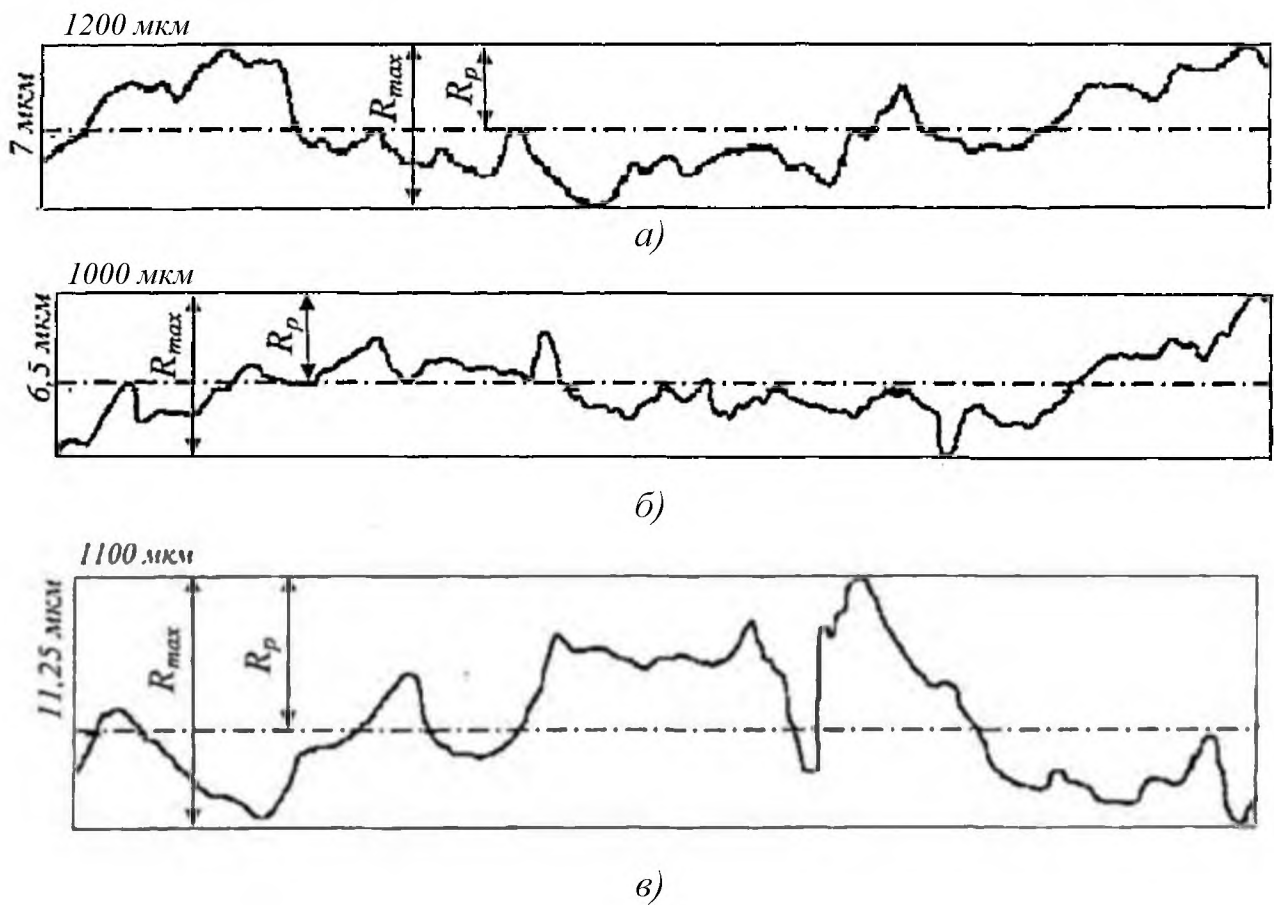


Рисунок 4.1 - Характерна профілограма поверхні прикореневої (а), середньої (б) і верхівкової (в) частин стебла льону-довгунця

Після обробки профілограм визначені параметри мікрогеометрії поверхонь стебла. Отримані значення зазначених характеристик приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристики мікрогеометрії поверхні стебла льону-довгунця

Параметри мікрогеометрії	Частина стебла		
	прикоренева	середня	верхня
R_a , мкм	1,02	0,96	0,96
R_{max} , мкм	7	6,5	11,25
R_p , мкм	3,75	3,75	6,5
r_b , мкм	288	221	87
r_c , мкм	0,44	0,47	0,47
t_n , мкм	62,7	40	44,3
ν	2,2	2,6	2,9
b	1,8	1,8	2,4
Δ	0,019	0,024	0,095

В результаті проведених досліджень отримані профілограми і визначені значення характеристик мікрогеометрії в прикореневій, середній і верхній частинах стебла льону-довгунця. На рис. 4.2 представлена загальна картина розподілу характеристик мікрогеометрії по довжині стебла.

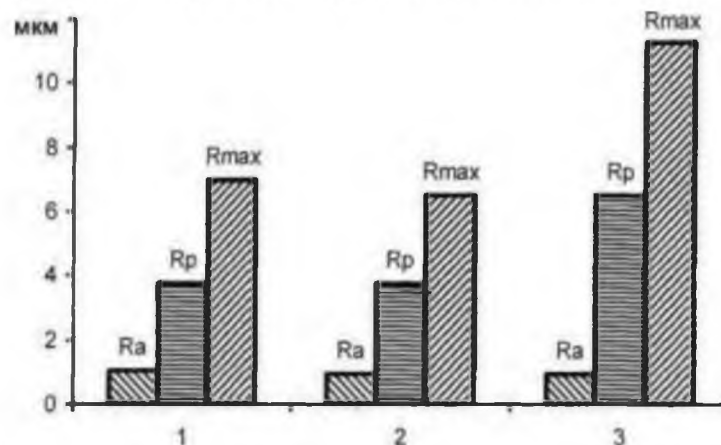


Рисунок 4.2 - Діаграма зміни параметрів шорсткості (характеристик мікрогеометрії) по довжині стебла: 1 - прикоренева частина, 2 - середня, 3 - верхівкова

Аналізуючи діаграму на рис. 4.2 можна зробити висновок, що найбільші значення параметрів шорсткості спостерігаються у верхівкової частини стебла льону-довгунця, а в прикореневій і середній частині вони приблизно однакові. Таким чином, спостерігається нерівномірність розподілу шорсткого шару по довжині стебла.

4.2 Дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на відносну її розтягнутість після розстилання

Дослідження сукупного впливу частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону на її відносну розтягнутість після розстилання здійснювалось експериментально в лабораторних умовах за методикою підрозділу 3.5.

В зв'язку з неможливістю проведення експериментів через відсутність експериментальної установки досліди проводилися умовно, тобто необхідні дані експериментів бралися з прийнятої гіпотези, розробленої на основі аналізу апріорної інформації.

Нами проведено двофакторний експеримент. У відповідності з літературними даними [14] використаємо метод Бокса-Уілсона.

За вихідне рівняння регресії приймаємо неповне квадратне рівняння типу:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (4.1)$$

де y – відносна розтягнутість стеблової стрічки льону в разях;

x_1, x_2 – кодовані значення двох факторів, а саме, відповідно, частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону;

b_0, b_1, b_2, b_{12} – коефіцієнти при відповідних значеннях x .

Проведемо кодування факторів для переведення натуральних значень в безрозмірні величини. Зв'язок між кодованими x_i і натуральними X_i значеннями факторів буде:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{X_1 - X_{10}}{\Delta X_1}, \\ x_2 &= \frac{X_2 - X_{20}}{\Delta X_2}, \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

де X_1, X_2 – відповідно натуральні значення частоти коливань вібрувального щита розстилального пристрою та кількості стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону; X_{10}, X_{20} – натуральні значення вищезгаданих факторів на нульовому рівні; $\Delta X_1, \Delta X_2$ – інтервал варіювання вказаних факторів.

Нульовий рівень – це середнє значення фактора (основний рівень, що займає центр інтервалу). У нашому випадку частота коливань вібрувального щита розстилального пристрою X_1 змінюється від 7 Гц до 11 Гц, кількість стебел на погонному метрі стеблової стрічки льону X_2 змінюється від 800 штук/м до 3800 штук/м. Тоді $X_{10} = 9$ Гц, $X_{20} = 2300$ штук/м, а $\Delta X_1 = 2$ Гц, $\Delta X_2 = 1500$ штук/м. Результати кодування факторів представлені таблицею 4.2.

Після закінчення кодування факторів складаємо план-матрицю експерименту для чотирьох дослідів ($n=2^2=4$). При цьому дослід №1 являє собою сукупність x_1 і x_2 на нижньому рівні; дослід №2 сукупність x_1 на верхньому рівні, а x_2 – на нижньому рівні; дослід №3 сукупність x_1 на нижньому рівні, а x_2 – на верхньому рівні; дослід №4 – x_1 і x_2 на верхньому рівні. План-матриця подана у лівій частині табл. 4.3 називається планом першого порядку і дозволяє проводити незалежну оцінку коефіцієнтів регресії.

Після цього проводилась рандомізація дослідів з метою встановлення послідовності їх проведення.

Таблиця 4.2 - Результати кодування факторів

Фактор і одиниця вимірювання	Натуральне позначення	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодовані		
				верхній	нижній	нульовий	верхній	нижній	нульовий
Частота коливання вібрувального щита, Гц	X_1 або ν_{uc}	x_1	2	11,0	7,0	9,0	+1	-1	0
Кількість стебел на погонному метрі стрічки, штук/м	X_2 або i_{cm}	x_2	1500	3800	800	2300	+1	-1	0

Під час проведення дослідів (при реалізації плану-матриці експерименту) ми одержали дані, подані в табл. 4.3, де u – номер дослідів, u_1 – номер дослідів в першій повторюваності (в першій реалізації плану), u_2 – номер дослідів в другій повторюваності (другій реалізації плану) тощо.

Значення y_{u_1} , y_{u_2} і y_{u_3} в таблиці 4.3 отримані в результаті дослідів, а значення \bar{y}_u – при розрахунках за формулою $\bar{y}_u = \frac{1}{3}(y_{u_1} + y_{u_2} + y_{u_3})$. Необхідно перевірити їх відтворюваність.

Таблиця 4.3 - Умови проведення і результати дослідів

Точка плану (номер дослідів) u	Значення кодованих факторів			Вихідний параметр y , раз			Середнє арифметичне значення вихідного параметра \bar{y}_u , раз
				Повторюваність			
	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	y_{u_1}	y_{u_2}	y_{u_3}	
1	-1	-1	+1	1,125	1,129	1,127	1,127
2	+1	-1	-1	1,049	1,048	1,052	1,049
3	-1	+1	-1	1,142	1,138	1,140	1,140
4	+1	+1	+1	1,060	1,058	1,061	1,059

Перевірка відтворюваності дослідів при однаковому числі повторюваностей для кожного досліду (для кожної точки плану) проводилась за критерієм Кохрена, табличне значення якого [44] позначається $G(0,05;n;f_u)$, де 0,05 означає 5%-й рівень значущості (дорівнює $1-\alpha$, де α – довірна ймовірність; n – число незалежних оцінок дисперсії (число дослідів); $f_u = m_0 - 1$ – число ступенів вільності кожної оцінки, тут m_0 – число повторюваностей. Перевірка відтворюваності проводилась за умови:

$$G \leq G(0,05;n;f_u), \quad (4.3)$$

де $G = \frac{S_{u \max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2}$ – розрахункове значення критерію Кохрена;

$S_{u \max}^2$ – найбільша із дисперсій, що характеризують розсіювання результатів в u – му досліді (тобто на u – му поєднанні рівнів факторів);

$\sum_{u=1}^n S_u^2$ – сума дисперсій.

Дисперсія S_u^2 , що характеризує розсіювання результатів в u – му досліді визначається за формулою:

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i=1}^{m_0} (y_{u_i} - \bar{y}_u)^2, \quad (4.4)$$

де i – номер повторюваності;

y_{u_i} – вихідний параметр при i – й повторюваності.

Дисперсія відтворюваності (помилка досліду) визначається за формулою:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (4.5)$$

У нашому випадку $m_0 = 3$, $n = 4$. Для першого досліду за формулою (4.4), отримаємо:

$$S_{u_1}^2 = \frac{1}{3-1} \left((1,125 - 1,127)^2 + (1,129 - 1,127)^2 + (1,127 - 1,127)^2 \right) = 0,000004 \text{ раз}^2.$$

Для другого дослідіду:

$$S_{u_2}^2 = \frac{1}{3-1} \left((1,049 - 1,049)^2 + (1,048 - 1,049)^2 + (1,052 - 1,049)^2 \right) = 0,000005 \text{ раз}^2.$$

Для третього дослідіду:

$$S_{u_3}^2 = \frac{1}{3-1} \left((1,142 - 1,140)^2 + (1,138 - 1,140)^2 + (1,140 - 1,140)^2 \right) = 0,000004 \text{ раз}^2.$$

Для четвертого дослідіду:

$$S_{u_4}^2 = \frac{1}{3-1} \left((1,060 - 1,059)^2 + (1,058 - 1,059)^2 + (1,061 - 1,059)^2 \right) = 0,000003 \text{ раз}^2.$$

$$S_y^2 = \frac{1}{4} (0,000004 + 0,000005 + 0,000004 + 0,000003) = 0,000004 \text{ раз}^2.$$

Після підстановки значень $S_{u_1}^2$, $S_{u_2}^2$, $S_{u_3}^2$, і $S_{u_4}^2$ в (4.3), отримаємо:

$$G = \frac{0,000005}{0,000004 + 0,000005 + 0,000004 + 0,000003} = \frac{0,000005}{0,000016} = 0,312.$$

Табличне значення критерію Кохрена за [14] для 5% рівня значущості та $n = 4$ і $f_u = 2$ буде 0,770. Число 0,770 більше за 0,312, тому робимо висновок, що процес відтворюється.

Оскільки розглядуваний процес відтворюваний, то вираховуємо коефіцієнти рівняння регресії. Вище вказувалось, що відносно розтягнутість стеблової стрічки льону будемо визначати у формі неповного квадратного рівняння, тому за даними табл. 4.3 необхідно визначити коефіцієнти b_0 , b_1 , b_2 , b_{12} за такими залежностями:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u; \\ b_1 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{1u} \bar{y}_u; \\ b_2 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{2u} \bar{y}_u; \\ b_{12} &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{1u} x_{2u} \bar{y}_u, \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

де $n = 4$ – число точок плану (число дослідів);

\bar{y}_u – середнє арифметичне значення вихідного параметра в u – му досліді;
 x_{1u}, x_{2u} – значення відповідного кодованого фактора в рядку плану-матриці
в u – му досліді.

Отже, в нашому випадку отримаємо:

$$b_0 = \frac{1,127 + 1,049 + 1,140 + 1,059}{4} = 1,0938;$$

$$b_1 = \frac{(-1) \cdot 1,127 + (+1) \cdot 1,049 + (-1) \cdot 1,140 + (+1) \cdot 1,059}{4} = -0,0398;$$

$$b_2 = \frac{(-1) \cdot 1,127 + (-1) \cdot 1,049 + (+1) \cdot 1,140 + (+1) \cdot 1,059}{4} = 0,0058;$$

$$b_{12} = \frac{(+1) \cdot 1,127 + (-1) \cdot 1,049 + (-1) \cdot 1,140 + (+1) \cdot 1,059}{4} = -0,0008.$$

Отже, рівняння регресії (4.1) матиме вигляд:

$$y = 1,0938 - 0,0398 \cdot x_1 + 0,0058 \cdot x_2 - 0,0008 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (4.7)$$

Перевірку адекватності рівняння проводимо спочатку на лінійній частині
 $y = 1,0938 - 0,0398 \cdot x_1 + 0,0058 \cdot x_2$ за допомогою критерію Фішера F .
Адекватність матиме місце, коли виконується нерівність:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (4.8)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

S_y^2 – дисперсія відтворюваності (помилка досліді);

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – табличне значення критерію Фішера для 5% рівня
значущості [54];

$f_{ad} = n - k - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$ – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

$f_y = n(m_0 - 1) = 4(3 - 1) = 8$ – число ступенів вільності дисперсії
відтворюваності.

Дисперсія адекватності S_{ad}^2 обчислюється за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2, \quad (4.9)$$

де y – розрахункове значення відгуку в u -му досліді лінійної частини формули (4.7).

Для дослідів №1 відгук $y^{(1)}=1,128$, а для решти дослідів: $y^{(2)}=1,048$; $y^{(3)}=1,139$; $y^{(4)}=1,060$. Відповідне значення $(y - \bar{y}_u)$ для першого дослідів дорівнює $(1,128-1,127)^2=0,000001$; для другого $(1,048-1,049)^2=0,000001$; для третього $(1,139-1,140)^2=0,000001$; для четвертого $(1,060-1,059)^2=0,000001$.

Згідно (4.9), отримаємо:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{4-2-1} (0,000001 + 0,000001 + 0,000001 + 0,000001) = 0,000004 \text{ раз}^2.$$

Отже, розрахункове значення F критерію Фішера дорівнює:

$$F = \frac{0,000004}{0,000004} = 1.$$

Табличне значення $F(0,05;1;8)=5,318$, а це значно більше за 1. Тому приходимо до висновку, що лінійна модель адекватна.

Після перевірки адекватності рівняння проводимо оцінку значущості коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Стюдента. Коефіцієнт вважається значущим (таким, що суттєво впливає на відгук), якщо виконується нерівність:

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \frac{\sqrt{S_y^2}}{\sqrt{n}}, \quad (4.10)$$

де b_a – коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_{12} у формулі (4.6);

Δb_a – довірча границя;

$t(0,05; f_y)$ – критерій Стюдента для 5% рівня значущості та числа ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_y = n(m_0 - 1)$.

Рівень значущості дорівнює $1-\alpha$, де α – довірча ймовірність. З урахуванням цього критерій Стюдента можна визначити за таблицею [14], де приводяться його значення залежно від α . Оскільки при 5%-му рівні значущості $\alpha=0,05$, а $f_y=8$, то при таких α і f в таблиці $t=2,3$; тоді

$\Delta b_a = 2,3 \frac{\sqrt{0,000004}}{\sqrt{4}} = 0,0023$. Згідно умови (4.10) робимо висновок, що коефіцієнти b_0, b_1, b_2 значущі, а коефіцієнт b_{12} перед взаємодією факторів – незначущий.

На основі викладеного приходимо до висновку, що рівняння (4.7) добре описує явище, яке вивчається, при цьому останнім членом $-0,0008x_1x_2$ можна знехтувати.

Аналізуючи отримане рівняння регресії (4.7) видно, що значення y зменшується при збільшенні x_1 та зменшенні x_2 . При цьому вплив фактора x_2 менший, ніж x_1 .

Перейдемо до рівняння регресії у натуральному вигляді за формулами (4.2). При $X_{10}=9$ Гц; $\Delta X_1=2$ Гц; $X_{20}=2300$ штук/м; $\Delta X_2=1500$ штук/м, одержимо:

$$x_1 = \frac{X_1 - 9}{2}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 2300}{1500};$$

$$y = 1,0938 - 0,0398 \cdot \left(\frac{X_1 - 9}{2} \right) + 0,0058 \cdot \left(\frac{X_2 - 2300}{1500} \right) =$$

$$= 1,2638 - 0,0199 \cdot X_1 + 0,0000038 \cdot X_2.$$

Отже

$$\lambda = 1,2638 - 0,0199 \cdot \nu_{щ} + 0,0000038 \cdot i_{см}. \quad (4.11)$$

Користуючись універсальною системою комп'ютерної математики Maple V Release 11.0, за рівнянням регресії (4.7) побудована поверхня відгуку (рис. 4.3) у тривимірному просторі.

Аналізуючи рівняння регресії (4.7) та побудовану за ним поверхню відгуку, можна зробити висновок, що найбільше на відносну розтягнутість λ стеблової стрічки льону впливає частота коливань щита $\nu_{щ}$ розстиляльного пристрою. При $\nu_{щ} = 7 \dots 11$ Гц, за можливих значень $i_{см} = 800 \dots 3800$ штук/м, забезпечується якісне розстилення стеблової стрічки льону ($\lambda < 1,2$) удосконаленим розстиляльним пристроєм льонокомбайна.

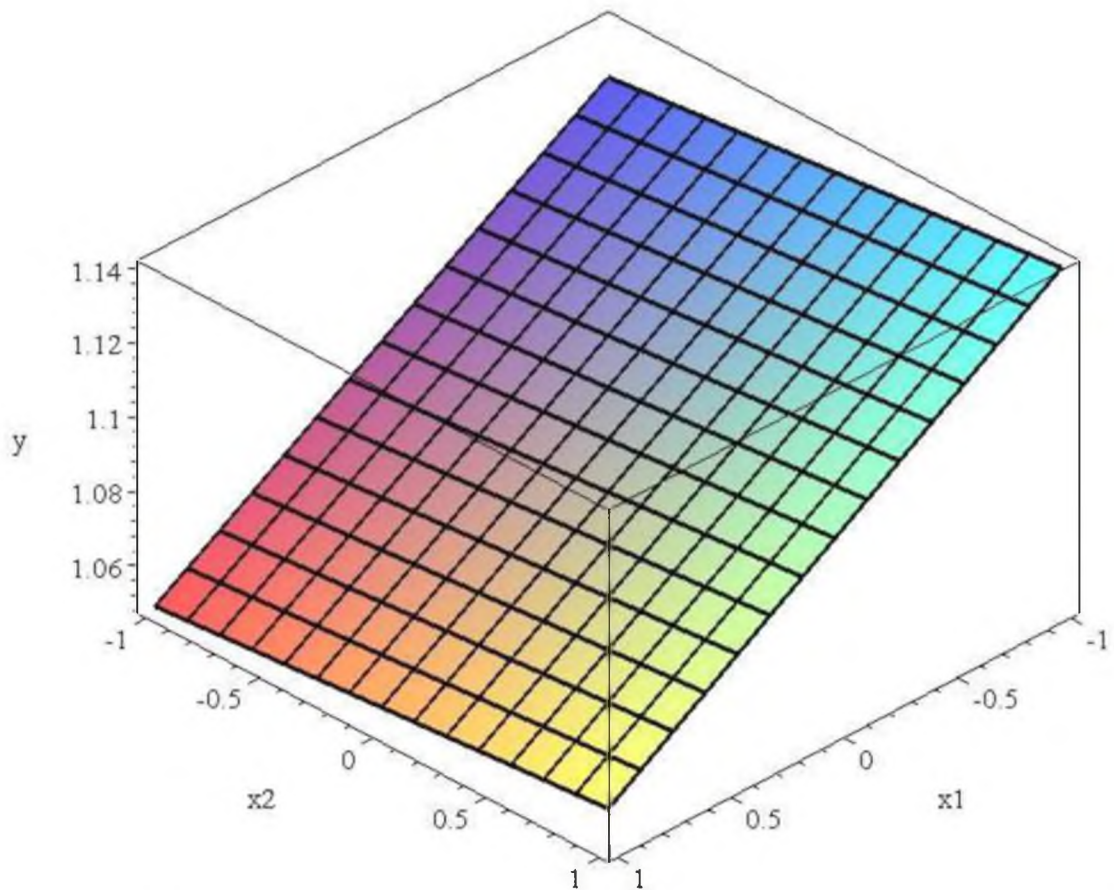


Рисунок 4.3 - Поверхня відгуку для відносної розтягнутості стеблової стрічки льону

4.3 Висновки

1. Досліджено шорсткість поверхні стебел. Отримано профілограми і визначені значення характеристик мікрогеометрії в прикореневій, середній і верхівкової частинах стебла. Встановлено, що найбільша шорсткість поверхні спостерігається в верхівковій частині.

2. У результаті двофакторного експерименту отримано регресійну залежність (4.11) розтягнутості стеблової стрічки λ після розстилання від частоти $\nu_{щ}$ коливань щита та кількості стебел $i_{ст}$ на погонному метрі стрічки. З аналізу цієї залежності слідує, що найбільше на відносну розтягнутість λ стрічки впливає частота коливань щита $\nu_{щ}$. При $\nu_{щ} = 7...11$ Гц, за можливих значень $i_{ст} = 800...3800$ штук/м, забезпечується якісне розстилання стрічки льону ($\lambda < 1,2$) удосконаленим розстиляльним пристроєм льонокомбайна.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Економічна ефективність від використання самохідного льонокомбайна, обладнаного удосконаленим розстилальним пристроєм, визначається у порівнянні з серійним льонокомбайном КЛС–1,7 з розстилальним щитом, який вважається базовим варіантом.

Розрахунки проводились за цінами на льонозбиральну техніку, паливно-мастильні матеріали, продукцію льонарства та нормативами на заробітну плату станом на 2020 рік.

Для наведених порівняльних варіантів економічна ефективність визначалась як різниця зведених затрат на виконання річного обсягу робіт, кількості та якості льонопродукції, трудових ресурсів і здійснювалась згідно із стандартами [9] у такій послідовності:

1) виходячи з експлуатаційних показників роботи базового та нового варіантів льонокомбайна, цін на сільськогосподарську техніку, паливно-мастильні матеріали, цін на льонопродукцію та інше, формувалась табл. 5.1 вихідних даних для розрахунку економічної ефективності спеціалізованої техніки;

2) розрахунок економічної ефективності проводився на ПЕОМ за розробленою програмою. Вихідні дані вводились у діалоговому режимі в пам'ять ПЕОМ, а обраховані показники економічної ефективності виводились на друк.

Отримані результати розрахунку (табл. 5.2) свідчать про доцільність використання льонокомбайна обладнаного удосконаленим розстилальним пристроєм замість розстилального щита внаслідок підвищення якості льонопродукції і, відповідно, нової ціни останньої.

Річний економічний ефект від експлуатації самохідного льонозбирального комбайна з удосконаленим розстилальним пристроєм у цінах 2020 року становить 74430 грн.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності спеціалізованої техніки

Показники	Машина	
	Базова	Нова
1	2	3
Продуктивність агрегату за годину змінного часу, га	0,5	0,5
Продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га	0,85	0,85
Балансова вартість машини, грн.	1000000	1005000
Річне завантаження машини, год.	100	100
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
допоміжного	1	1
Годинні тарифні ставки, грн./люд-год.:		
основного персоналу	110	110
допоміжного персоналу	71	71
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основному персоналу	1,1	1,1
допоміжному персоналу	1,0	1,0
Коефіцієнт відрахувань на реновацію машини	0,142	0,142
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування машини	0,1	0,1
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт машини	0,021	0,021
Витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/га	8,5	8,5

Продовження табл. 5.1

1	2	3
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн.	24,0	24,0
Затрати на зберігання, що припадають на одну годину експлуатаційного часу машини, грн.	0,4	0,4
Кількість продукції (льоносоломки), що виробляє машина за одиницю напрацювання, ц/га	45	45
Ціна продукції, грн./ц	200	220
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	0,15	0,15
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту	0,8	0,8
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову	1,1	1,1

Таблиця 5.2 - Показники економічної ефективності

Показники	Машина	
	Базова	Нова
1	2	3
Річне напрацювання, га	85	85
Прямі затрати (грн./га) на:		
– оплату праці	38,4	38,4
– паливно-мастильні матеріали	340	340
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	1423,5	1430,6

Продовження табл. 5.2

1	2	3
– реновацію	1670,5	1678,9
– інші прямі затрати	0,4	0,4
– всього прямих затрат	3472,8	3488,3
Капітальні вкладення, грн./га	11764,7	11823,5
Зведені затрати, грн./га	5237,5	5261,8
Економічний ефект від зміни кількості та якості льонопродукції, грн./га	–	900
Річний економічний ефект від експлуатації машини з удосконаленим розстилальним пристроєм, грн.	–	74430
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби машини з удосконаленим розстилальним пристроєм, грн.	–	254890
Верхня межа ціни машини з удосконаленим розстилальним пристроєм, грн.	–	1145360
Лімітна ціна машини з удосконаленим розстилальним пристроєм, грн.	–	916280

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що виявляється у поліпшенні якості розстилання стеблової стрічки льону на основі удосконалення конструкції та обґрунтування параметрів розстилального пристрою льонозбирального комбайна.

Аналіз способів збирання льону та технічних засобів для їх реалізації свідчить, що наявні конструкції льонокомбайнів не забезпечують необхідної якості розстилання стрічки стебел на льоновищі, розстелені стрічки мають високі значення розтягнутості та перекосу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви. Покращання якості розстилання стеблової стрічки можливе завдяки удосконаленню конструкції та обґрунтуванню параметрів розстилального пристрою самохідного льонозбирального комбайна.

Теоретичний аналіз взаємодії щита із стеблами стрічки уможливив побудову математичної моделі (2.9) руху стебла шару стрічки на похилій вібрувальній поверхні щита. На підставі чисельного її розв'язку за різних значень параметрів пристрою та стрічки стебел обґрунтовано, що довжина щита має бути – $L_2 = 0,9...1,0$ м, а кути нахилу його поверхні до горизонталі у двох площинах повинні становити: у поздовжньо-вертикальній – $\gamma = 20^\circ...30^\circ$, у поперечно-вертикальній – $\delta = 5^\circ...6^\circ$. Ширина щита з урахуванням відносної розтягнутості стебел у стрічці та середньої загальної довжини стебла льону – $L_1 = 1,2$ м. Висота буртика вібрувального щита – $h_o = 0,1$ м.

Досліджено шорсткість поверхні стебел. Отримано профілограми і визначені значення характеристик мікрогеометрії в прикореневій, середній і верхівкової частинах стебла. Встановлено, що найбільша шорсткість поверхні спостерігається в верхівковій частині.

У результаті двофакторного експерименту отримано регресійну залежність (4.11) розтягнутості стеблової стрічки λ після розстилання від частоти $\nu_{щ}$ коливань щита та кількості стебел i_{cm} на погонному метрі стрічки. З аналізу цієї залежності слідує, що найбільше на відносну розтягнутість λ стрічки впливає частота коливань щита $\nu_{щ}$. При $\nu_{щ} = 7...11$ Гц, за можливих значень $i_{cm} = 800...3800$ штук/м, забезпечується якісне розстилання стрічки льону ($\lambda < 1,2$) удосконаленим розстилальним пристроєм льонокомбайна.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Булгаков В.М., Горбовий А.Ю., Кромер К.Г. Сучасні підходи до вирощування і переробки льону у Західній Європі // Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст. Вип. 8. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ. – 2001. – С.19–24.
2. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 252 с.
3. Горбовий А.Ю. Дослідження технологічного процесу і обґрунтування параметрів пристроїв для перевертання стебел льону: Дис... канд. техн. наук: 05.20.01. – Луцьк, 1997. – 220 с.
4. Дідух В.Ф. Технології вирощування, збирання та переробки льонувовгунця: навч. посіб. / В.Ф. Дідух, С.Й. Ковалишин, І.М. Дударєв, І.В. Тараймович. – Львів: Львівський НАУ, 2013. – 324 с.
5. Дударєв І.М. Теоретичні основи модернізації машин для виробництва льону: монографія / І.М. Дударєв. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2015. – 268 с.
6. Кваліфікаційна робота магістра [Текст] : методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми «Агроінженерія» галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 208 Агроінженерія денної та заочної форм навчання / уклад. В.В. Сацюк, Р.В. Кірчук, Л.Ю. Забродоцька. – Луцьк : ЛНТУ, 2020. – 60 с.
7. Ковалев В.Б. Усовершенствование приемов, способствующих увеличению производства и повышению качества льнопродукции при индустриальной технологии уборки и послеуборочной обработки льна: Дис... д-ра сельскохозяйственных наук: 05.18.03. – К., 1990. – 366 с.
8. Ковела І.Ю. Розстиlač стрічки стебел льону льнозбирального комбайна // Тези IV студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні». Луцьк: Факультет аграрних технологій та екології, ЛНТУ. – 2024 р.– С. 70-71.

9. Льноуборочные машины / Хайлис Г.А., Быков Н.Н., Бухаркин В.Н., Васильев Г.К., Можаров Б.П. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
10. Механізація комбайнового і роздільного способів збирання льону / Л.М. Дацюк, Г.А. Хайліс, С.Ф. Юхимчук. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – 138 с.
11. Пат. 44513 А Україна, МКИ А 01 D 45/06. Підрівнювач стебел льону / М.М. Толстушко, Г.А. Хайліс, С.Ф. Юхимчук (Україна). – №2001053020; Заявл. 03.05.2001; Опубл. 15.02.2002, Бюл. №2.
12. Рудий С.М. Вдосконалення пристроїв льонорозстилочних машин: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Луцький державний технічний університет. – Луцьк, 2001. – 20 с.
13. Толстушко М.М. Обґрунтування параметрів і режиму роботи підрівнювача-розстилача стрічки стебел льону: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Луцьк, 2004. – 229 с.
14. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
15. Хайліс Г.А., Федорусь Ю.В. Механіка рослинних матеріалів. – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2004. – 302 с.
16. Dehondt Technologies. La passion le lin. URL: <http://www.dehondt-lin.com/>.
17. Depoortere [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.depoortere.be/>. – Title from the screen.
18. Horbowyj A.J. Vorbedingungen der schaffung einsparender technologien im leindau // Ukrainian-Austrian symposium “Agriculture: science and practice”. Collection of abstracts. – Lviv (Ukraine). – 1996. – P. 50 – 51.
19. Union. Machines. URL: <https://www.unionmachines.com/nl/machines>.
20. Vanot J. La passion le lin. – Notre Dame de Gravenchon: Corlet, 2003. – 72 p.
21. Vlamalin. Flaxmachinery [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.vlamalin.be/>. – Title from the screen.

ДОДАТКИ

Додаток А

Анатомічні особливості льону-довгунцю

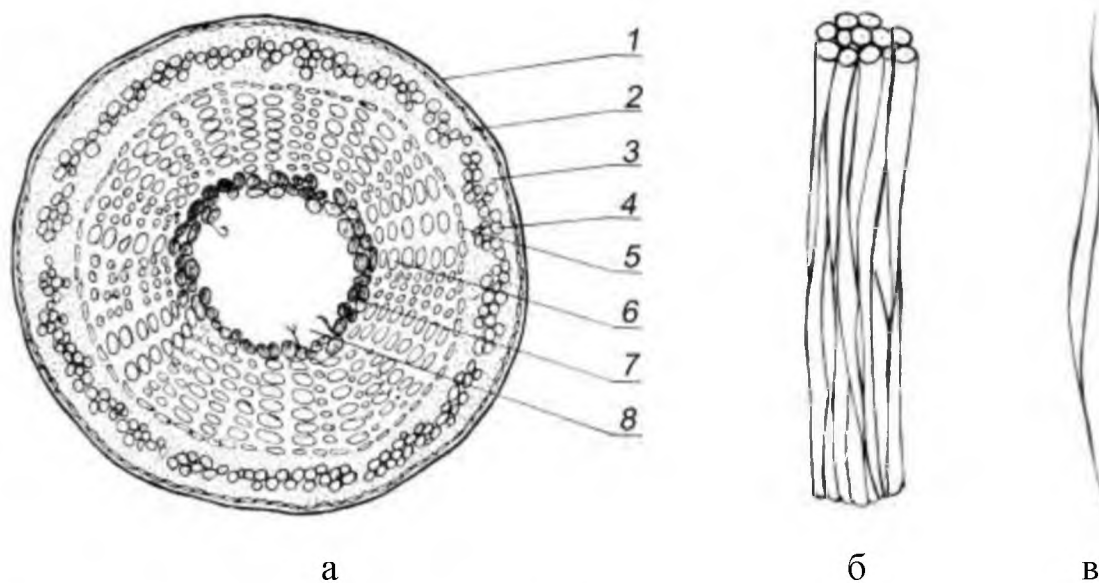


Рис. А.1. Анатомічна будова стебла льону-довгунцю (збільшено):

а – поперечний переріз стебла: 1 – кутикула; 2 – епідерміс; 3 – коро́ва паренхі́ма; 4 – волокнисті пучки лубу; 5 – камбій; 6 – дере́вина; 7 – серце́вина; 8 – поро́жнина; б – волокнисті пучки лубу; в – елементарне волокно

Додаток Б

Засоби механізації збирання льону-довгунцю



Рисунок Б.1 - Льонозбиральний комбайн КЛС-1,7



Рисунок Б.2 – Льнобралка двохпоточна самохідна фірми Dehondt, (Франція)



Рисунок Б.3 - Льонозбиральний комбайн фірми Union (Бельгія)



Рисунок Б.4 - Універсальна льонозбиральна машина ЛКУ-4 в роботі як комбайн

Звіт подібності

метадані

Заголовок

Ковела_208_2024

Автор

Ковела І.Ю. Науковий керівник / Експерт

підрозділ

Lutsk National Technical University

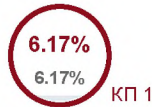
Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	Ⓡ	3
Інтервали	A→	0
Мікропробіли		222
Білі знаки	Ⓡ	0
Парафрази (SmartMarks)	a	82

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

9225

Кількість слів

68546

Кількість символів




Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	https://bibliofond.ru/view.aspx?id=864200	68	0.74 %
2	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	63	0.68 %
3	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	48	0.52 %
4	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	45	0.49 %
5	Хомич_208_2024 11/28/2024 Lutsk National Technical University (Lutsk National Technical University)	44	0.48 %

6	Хомич_208_2024 11/28/2024 Lutsk National Technical University (Lutsk National Technical University)	40	0.43 %
7	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	32	0.35 %
8	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	30	0.33 %
9	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	24	0.26 %
10	https://bibliofond.ru/view.aspx?id=864200	22	0.24 %
з домашньої бази даних (0.91 %)			
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	Хомич_208_2024 11/28/2024 Lutsk National Technical University (Lutsk National Technical University)	84 (2)	0.91 %
з програми обміну базами даних (0.20 %)			
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	Обґрунтування конструктивних параметрів робочого органу ямкового ремонтера 2/5/2020 Lviv National Agrarian University (LNAU) ((MEX) Кафедра Сільськогосподарських машин)	18 (1)	0.20 %
з Інтернету (5.06 %)			
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	https://www.dissertation.com.ua/node/661303	289 (10)	3.13 %
2	https://bibliofond.ru/view.aspx?id=864200	128 (6)	1.39 %
3	http://www.kntu.kr.ua/doc/DF_23_073_001/shevchuk_dis.pdf	50 (4)	0.54 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---------------------	-------	---------------------------------------